# HERONIS ALEXANDRINI

## OPERA QVAE SVPERSVNT OMNIA

VOLVMEN II

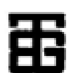
MECHANICA ET CATOPTRICA

RECENSVERVNT

L. NIX ET W. SCHMIDT

ACCEDVNT QVAEDAM EXCERPTA

CVM CI FIGVRIS



STVTGARDIAE IN AEDIBVS B. G. TEVBNERI MCMLXXVI

Editio stereotypa editionis anni MCM

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Hero <Alexandrinus>**
[Sammlung]
Heronis Alexandrini opera quae supersunt omnia.
- Nachdr. - Stutgardiae [Stuttgart] : Teubner.

Vol. 2. Mechanica et catoprica / rec. L. Nix et
W. Schmidt. Acc. quaedam excerpta. - Ed. ster.
1900. - 1976.
(Bibliotheca scriptorum Graecorum et Romanorum Teubneriana)
ISBN 3-519-01414-9


Printed in Germany
Druck: Julius Beltz, Hemsbach/Bergstr.

# HERONS VON ALEXANDRIA
## MECHANIK UND KATOPTRIK

HERAUSGEGEBEN UND ÜBERSETZT

VON

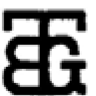
**L. NIX** UND **W. SCHMIDT.**

---

IM ANHANGE EXCERPTE AUS
OLYMPIODOR VITRUV PLINIUS CATO PSEUDO-EUKLID.

---

MIT 101 FIGUREN.



LEIPZIG,
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER.
1900.

# INHALT.

## A. HERONS MECHANIK.

### BUCH I.

## BUCH II.

## BUCH III.



---

## B. GRIECHISCHE FRAGMENTE DER MECHANIK.



## C. HERONS KATOPTRIK

(Lateinisch).

## D. HERONS KATOPTRIK.

### Griechisches Fragment.



## E. AUS VITRUVS BAUKUNST.



## F. AUS PLINIUS' NATURGESCHICHTE.

## G. AUS CATOS LANDBAU.



## H. AUS PSEUDO-EUKLIDS KATOPTRIK.

# HERONS VON ALEXANDRIA
# MECHANIK

IN DER ARABISCHEN ÜBERSETZUNG DES

## KOSTA BEN LUKA

MIT DEUTSCHER ÜBERTRAGUNG HERAUSGEGEBEN VON

LUDWIG NIX.

# EINLEITUNG.

## I. DIE NACHRICHTEN DER ARABER ÜBER HERON.

Über das Zeitalter des Heron finden sich in den arabischen Quellen weder in den Bio- und Bibliographen, noch in den Handschriften der Mechanik, irgend welche Angaben. Die Gründe, die aus der Mechanik zu einer Beurteilung oder Entscheidung dieser „heronischen" Frage angezogen werden können, sind in dem ersten Kapitel der Vorrede des ersten Bandes dieser Gesamtausgabe der Werke des Heron von berufener Seite besprochen, so daſs wir hier über diesen streitigen Punkt hinweggehen können, um das, was die Araber von Herons Schriften kannten, kurz anzuführen. Dies dürfte auch nach dem Erscheinen der Arbeiten Steinschneiders über die arabischen Übersetzungen aus dem Griechischen, worin Heron der Paragraph 132 in der „Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft" Bd. L, S. 346 gewidmet ist, nicht überflüssig erscheinen, da sich in dem erwähnten Abschnitte einige Miſsverständnisse und Ungenauigkeiten finden.

Zuerst wird Heron erwähnt in dem, im Jahre 987 n. Chr. verfaſsten Fihrist (Katalog) des Muhammed ibn Ishâk an-Nadîm vol. I, S. 269. Die Stelle lautet wörtlich: Heron (arabisch 'Îran oder 'Îron). An Büchern hat er verfasst:

1. Das Buch der Lösung der Zweifel bei Euklid.
2. Das Buch des Verfahrens mit dem Astrolab.
3. Das Buch des Hebens der Lasten.
4. Das Buch der pneumatischen Maschinen.

Auf die erste Schrift wird auch Fihrist I, S. 265 unter Euklid bei den „Elementen" hingewiesen mit den Worten: Die Zweifel darin löste Heron.

Außer diesen vier Büchern kennt der Fihrist noch ein weiteres, nämlich

5. Das Buch über die Dinge, die sich von selbst bewegen, von Heron. I, S. 285.

Die nächste Quelle ist das Gelehrten-Lexikon des Wesirs Gemâl ed-Dîn al-Kiftī, der von 1172—1248 lebte. Er benutzte den Fihrist sehr stark und nennt Heron an zwei Stellen; einmal bei Euklids Elementen, indem er sagt, er habe die Zweifel des Buches gelöst, vgl. Casiri I, 341; das andre Mal in einem kleinen Spezialartikel, wo er sagt (H. Kh. VII, 611): Der Grieche Heron aus Alexandrien in Ägypten ist ein Gelehrter in den Wissenschaften der Leute seiner Zeit. Er verfaßte Bücher, lehrte und gab Aufklärung über die Geheimnisse dieser Kunst. Zu seinen Schriften gehört das Buch der Lösung der Zweifel im Buche Euklids und das Buch der pneumatischen Maschinen.

Die dritte allerdings ganz späte Quelle ist das „Lexicon bibliographicum" des Hadji Khalfa (starb 1658) ed. Flügel. Es erwähnt Heron an drei Stellen:

1. I, 383 bei Euklids Elementen mit den Worten: Heron verfaßte die Lösung der Zweifel darin.
2. II, 589. Wissenschaft des Ziehens der Lasten. Das ist die Wissenschaft, in welcher darnach geforscht wird, wie man Werkzeuge anwendet, um schwere Gegenstände durch eine geringe Kraft zu ziehen. Ihr Nutzen ist offenbar; Heron hat in seinem Buche über diese Wissenschaft den Beweis geliefert für das Heben von 100000 Pfund durch eine Kraft von 500 Pfund. Sie ist ein Zweig der Mathematik. Der Imâm hat am Ende des „Vereinigers der Wissenschaften" Beweise für einige Fragen derselben gegeben, während der Verfasser des „Schlüssels der Seligkeit" (Taškӧprizadeh) kein Buch über diesen Wissenszweig erwähnt.
3. V, 48. Buch der Kriegswerkzeuge von Hârûn (Heron?), welches Takîj ed-Dîn in dem „Lotosbaum der Grenze" anführt.

Über die unter 2. und 3. genannten arabischen Werke und ihre Verfasser konnte ich nichts Genaueres ermitteln.

Die Quellen bieten uns also im Ganzen sechs Titel von Schriften Herons; davon entfallen auf die älteste allein fünf, auf die mittlere zwei und auf die jüngste drei, von denen einer, allerdings ein zweifelhafter, bei den anderen nicht genannt wird. Für die Wahrscheinlichkeit, daſs das von Hadji Khalfa zuletzt erwähnte Buch der Kriegswerkzeuge wirklich einem Heron zuzuschreiben ist, spricht besonders der Umstand, daſs unter dem Namen Herons ein Buch *βελοποιικά* und ein anderes *πολιορκητικά* genannt wird; dann auch daſs der Name Hârûn ohne jeden Beisatz steht, was sicher darauf hindeutet, daſs es ein fremder, nicht der arabische Name Hârûn ist, der so ohne weiteres Unterscheidungsmerkmal Anlaſs zu Verwechselungen gäbe. Welcher von den beiden bei Steinschneider l. c. S. 347 Nr. 6 genannten Heron hier gemeint ist, kann ich nicht entscheiden, da der Name und Titel allein dazu keine Handhabe bieten. Die von der sonst üblichen Transskription ('Îron oder 'Îran, der zweite Vokal ist nicht geschrieben) abweichende Hârûn wäre an sich kein Hindernis, die beiden Namen zu identifizieren.

Ob nun auch alle die genannten Schriften arabisch vorhanden waren, läſst sich nach den spärlichen Angaben der Quellenwerke nicht sagen. Bruchstücke des Buches „Lösung der Zweifel in Euklid“ mögen die in dem von Besthorn und Heiberg herausgegebenen Codex Leidensis 3991, Hauniae 1893, 1897 sich findenden Sätze Herons (vergl. ZDMG l. c. u. Heron Bd. I, Suppl. S. 68 Anm. 3) wohl bieten. Von dem Buche selbst sind keine Handschriften bekannt, und die Quellen nennen keine Übersetzer desselben. Sicher übersetzt, weil noch vorhanden, ist nur eine der genannten sechs Schriften, nämlich die über das Ziehen oder Heben der Lasten. Steinschneider hat a. a. O. S. 347 Nr. 4 die „pneumatischen Maschinen“ mit der Mechanik identifiziert, was schon der arabische Titel verbietet, und sich als durchaus irrig herausstellt. Denn die von Steinschneider

angegebene Ausgabe Carra de Vaux's enthält gar nichts von pneumatischen Maschinen, wohl aber das unter Nr. 3 genannte Buch, den Barulkus, der höchstwahrscheinlich mit der Mechanik identisch ist. de Vaux's Ausgabe erschien im Journal Asiatique 1893, im Separatabzug 1894, nach dem unter Nr. 3 bei Steinschneider genannten Cod. Leid. Steinschneiders Bemerkung l. c. S. 347 Nr. 4 „(im Journ. As. 1894 Mai S. 146 sind nur Stellen mitgeteilt)" beruht auf einem Irrtum, da in dem genannten Heft überhaupt nichts von Heron steht. Die so berichtigten Notizen über de Vaux' Ausgabe gehören also zu Nr. 3, vgl. Heron Bd. I, Suppl. S. 43. Nr. 3.

Unter Nr. 5 hat Steinschneider einen Übersetzungsfehler gemacht, indem er das arabische *min ḏâtihâ* (nicht *ḏâtihi*) mit „ihrem Wesen nach" wieder gab, statt mit „von selbst". Vgl. Heron Bd. I, Suppl. S. 56 letztes Alinea. Es wird also die Schrift *περὶ αὐτοματοποιητικῆς*, die Automaten, gemeint sein.

## II. DIE ARABISCHEN HANDSCHRIFTEN UND DIE ERSTE AUSGABE DER MECHANIK.

Die Mechanik ist bis auf einige kurze Auszüge im griechischen Original verloren gegangen. Sie ist uns aber in arabischer Übersetzung in vier Handschriften erhalten, nämlich in:

1. Cod. Leidensis DCCCCLXXXIII Cod 51 (i) Gol.; in den Noten mit L bezeichnet.
2. Cod. Mus. Brit. Add. 23,394 im Katalog S. 619b; bezeichnet mit B.
3. Cod. Constantinop. der Aja Sofia. Katalog S. 165 Nr. 2755; bezeichnet mit C.
4. Cod. Cairensis. Katalog der Bibliothek des Khedive V, S. 199; bezeichnet mit K.

Baron Carra de Vaux hatte die Güte, die Kollation der Manuskripte von Konstantinopel und London an Ort und Stelle zu übernehmen. Als er an der Vollendung

der Kollation des Codex der Aja Sofia verhindert war, trat Salih Zéky Bey, Direktor des Observatoriums zu Pera, für ihn ein, wofür wir diesem Herrn sehr zu Dank verpflichtet sind. Von dem Cairenser Manuskript liefs die Verwaltung der Kgl. Bibliothek zu Berlin in liberalster und dankenswertester Weise eine Abschrift anfertigen, jetzt Berl. Ms. Orient. qu. 840, die ich neben der Leidener Handschrift auf der Bonner Universitätsbibliothek benutzen konnte.

Der Wert der einzelnen der vier genannten und für die vorliegende Ausgabe benutzten Handschriften ist ein ziemlich gleicher. Durchaus vollständig ist keine einzige; alle haben gröfsere oder kleinere Auslassungen aufzuweisen, die sich aber glücklicherweise fast alle durch eine oder mehrere der übrigen Handschriften ergänzen lassen, so dafs doch ein vollständiger Text gewonnen werden konnte. B ist aufserdem am Anfange unvollständig und beginnt erst mit I, 4 S. 11 d. B. Am meisten hat der Text von K durch Auslassungen gelitten, doch sind dieselben nicht überall angemerkt, da mir nur die obengenannte Abschrift desselben zur Verfügung stand und ich nicht entscheiden konnte, ob die Lücken nur dem Schreiber des jetzigen Berliner Exemplars oder dem Cod. Cairensis zur Last fallen. Die vier Handschriften scheinen auf eine gemeinsame Vorlage zurückzugehen, wie ich aus der häufigen Gemeinsamkeit von Verderbnissen, z. B. im Kap. 15 des ersten Buches, schliefsen zu dürfen glaube, und von einander unabhängig zu sein, wodurch es kommen mag, dafs mehrfach nur ein Codex das Richtige hat, während die anderen alle verschrieben sind oder eine Lücke aufweisen.

Aus den mir von Baron de Vaux gütigst überlassenen Kollationen von B und C, sowie aus meinen eigenen von L und K habe ich versucht einen lesbaren Text zusammenzustellen, war aber, trotz des ziemlich reichen Materials häufig genug auf Konjekturen angewiesen, zu deren Rechtfertigung ich nur auf die textkritischen Noten und meine Übersetzung verweisen möchte.

Da die Manuskripte m. E. auf einen Archetypus hinweisen, so liegt uns natürlich auch nur eine Rezension der Mechanik vor, die in den Handschriften dem Kosta ben Luka aus Baalbek zugeschrieben wird, während die oben besprochenen arabischen Quellenwerke keinen Übersetzer der Mechanik nennen. In dem arabischen Titel und der Überschrift des ersten Buches wird gesagt, Kosta (K hat in der Überschrift Kostantin) ben Luka habe die Übersetzung ins Arabische auf Befehl des Chalifen Abul Abbâs Ahmed ibn al-Muʿtasim al-Mustaʿîn (862—866) nach dem Griechischen angefertigt. In der Anordnung der einzelnen Bücher und Paragraphen herrscht völlige Übereinstimmung unter den Manuskripten. Der Leidener Codex, und in Übereinstimmung damit auch der von Konstantinopel, hat im ersten Buche einige Partien umgestellt; dieselben sind in der ersten Ausgabe in den Noten zum Text angegeben und an die richtige Stelle gesetzt, wie es durch die Cairenser und Londoner Handschrift schön bestätigt wird.

Die bereits erwähnte erste Ausgabe der arabischen Mechanik hatte zur Grundlage einzig und allein die Leidener Handschrift. Ist es schon im Allgemeinen schwierig nach nur einer Handschrift, die dabei nicht einmal gut, aufserdem sehr sparsam punktiert ist, einen Text zu edieren, so vermehren sich die Schwierigkeiten noch ganz bedeutend, wo es sich um Gegenstände der Technik handelt, wie hier. In diesem Falle mufs man sich aus dem Text einige Anhaltspunkte suchen, um sich über das Technische klar zu werden und dann durch vorsichtiges Tasten und Prüfen sehen, wie der Autor seinen Gegenstand sprachlich darzustellen sucht. Dabei mufs man gelegentlich mehr zwischen den Zeilen lesen, als in denselben geschrieben steht. Obschon sich nun der französische Herausgeber bemühte, seinen Text auch kritisch zu betrachten, und es ihm gelungen ist, eine ganze Anzahl kleinerer Versehen des Abschreibers zu verbessern, sind ihm doch einige Ver-

stöſse untergelaufen, so daſs er gute Lesarten der Handschrift in die Noten verwies. So z. B. S. 23 der Separatausgabe Note 4, S. 66 Note 1 und 2, S. 93 Note 2, S. 107 Note 1 und And. Überhaupt gilt seine kritische Arbeit weniger dem technischen Inhalt, der ihm als Ingenieur vielleicht näher gelegen hätte, als der sprachlichen Seite des Textes, wobei er jedoch z. B. in der Punktation nicht immer ganz glücklich war. Das will aber nicht viel sagen, denn der französische Herausgeber ist offenbar in der modernen Sprache bewanderter als in der älteren. Daſs er aus technischen Erwägungen nichts an seinem Texte geändert hat, könnte man ihm mit Rücksicht auf die erste Ausgabe nach einer einzigen Handschrift zu gute halten. Leider bietet aber auch seine Übersetzung bei einigen schwierigen Fragen, z. B. — um nur eine herauszugreifen — bei der Herstellung der Schraubenmutter (III, 21), durchaus kein Anzeichen, daſs er sich über das Technische in diesem Paragraphen klar geworden wäre. Doch sollen diese kleinen Ausstellungen das Verdienst de Vaux's nicht schmälern, sich zuerst diesem schwierigen Gegenstand zugewandt und die im Original längst verloren gegangene Schrift ans Licht gezogen und zugänglich gemacht zu haben.

Im Anschluſs hieran möchte ich noch einen Fall aus der ersten Ausgabe erwähnen, der zeigt, wie man durch harmlose Lesefehler verführt werden kann, das naheliegende Richtige zu übersehen und Miſsverständnisse hervorzurufen. In Mech. I, 24 kommt ein Name vor, der in der Leidener Handschrift Bōsidōmōs geschrieben steht (nur die ō sind plene geschrieben). Obschon der erste Herausgeber im arabischen Text dies richtig in Posidonius aufgelöst hat, da es ein häufiger Schreibfehler in arabischen Handschriften ist, n + j in m zusammenzuziehen, ebenso wie häufig umgekehrt m in n (b etc.) + j auseinandergezogen wird, hat er doch in der Übersetzung Praxidamas daraus gemacht, das Clermont-Ganneau erst wieder in das richtige Posidonius zurückkonjizierte. Durch die drei übrigen

Handschriften wird dies auch als sicher bestätigt, was auch Herr Baron C. de Vaux in einem Briefe an mich anerkennt. In der Note zu S. 73 der Einleitung zur Separatausgabe versuchte er allerdings noch die Lesung Praxidamas zu verteidigen oder Posidonius zu einem Maler machen zu wollen, allein mit wenig Glück. Denn der arabische Relativsatz nach dem Namen „scheint" nicht nur das griechische *ἀπὸ τῆς στοᾶς* wiederzugeben, sondern entspricht ihm durchaus, indem die wörtliche Übersetzung davon lautet: „der zu den Genossen der Stoa gehört." Die andere l. c. angeführte Lesung: „qui était peintre" ergiebt sich durchaus nicht so einfach aus dem Arabischen. Wenn das „Stoa" entsprechende Wort durch Zusetzung andrer Lesezeichen, die in den Handschriften häufig ausfallen, zu „peintre" wird, so bedeuten die vorhergehenden Worte doch noch nicht „qui était", sondern das Ganze hieſse: „der zu den Genossen des Malers gehört". Dann müſste man erst einen Griechen kennen, der schlechthin der Maler genannt wurde und von solcher Bedeutung war, daſs man seine Schüler mit dem Epitheton „Genossen des Malers", etwa *οἱ περὶ τὸν ζώγραφον*, bezeichnete. Die letztere Konjektur de Vaux's liegt also sehr im Argen, während die Schwierigkeiten bei der Lesung: „Posidonius, ein Stoiker" verschwinden. Statt Posidonius oder Praxidamas an Archimedes zu denken, wie es kürzlich in Berl. phil. Wochenschrift 1899 S. 1540 unt. vorgeschlagen wurde, verbieten die arabischen Schriftzüge des Namens, aus denen schon „Praxidamas" nur mit Gewalt herausgelesen werden kann. Lassen wir also dem Stoiker Posidonius seinen Platz in der Mechanik des Heron.

## III. DIE ECHTHEIT DER MECHANIK.

Daſs das uns vorliegende, von Kosta ben Luka aus dem Griechischen ins Arabische übersetzte und unter Herons Namen überlieferte Buch echt ist, erhellt aus den unten angeführten und im Anhang im griechischen Text von dem

Herausgeber des ersten Bandes beigegebenen Fragmenten, die sich an verschiedenen Stellen bei Pappus finden und daselbst ausdrücklich als aus Heron herübergenommen bezeichnet werden. Alle Stellen Herons, auf die Pappus anspielt oder die er wörtlich anführt, finden sich in unsrem arabischen Texte. Allerdings zitiert Pappus den Heron unter zwei verschiedenen Titeln, *βαρουλκός* und *μηχανικά*, die an einer Stelle (1060, 6) beide zusammen in demselben Satze genannt werden. Schlieſsen wir hieraus, daſs Barulkus und Mechanika zwei verschiedene Schriften des Heron sind, so erhebt sich die Frage, welche von beiden unser Text darstellt. Alle von Pappus angezogenen und ausgeschriebenen Stellen Herons sind aus den Mechanika entnommen, bis auf die eine, Seite 1060, bei der er ausdrücklich auf den Barulkus verweist. Die zuerstgenannten Auszüge lassen sich nun alle in unserem arabischen Texte nachweisen. Folglich ist unser Text die Mechanika betitelte Schrift. Daſs nun Pappus bei dem S. 1060 stehenden Absatz nicht Mech. II, 21 im Sinne hatte, sondern den Eingang des ersten Buches, erhellt deutlich aus dem von ihm dorther genommenen Ausdruck *γλωσσόκομον* 1062, 3, aus den Worten 1060, 11 *διὰ τυμπάνων ὀδοντωτῶν παραθέσεως [ἐκίνει] τὸ δοθὲν βάρος τῇ δοθείσῃ δυνάμει*, denen die arabische Übersetzung S. 2, 11 und 2, 6 genau entspricht, sowie einer Anzahl anderer Übereinstimmungen. Also ist dieses erste Kapitel des ersten Buches der einzig erhaltene Rest des Barulkus. Zufällig ist nun der griechische Wortlaut dieses Barulkusfragmentes am Ende der Dioptrik des Heron erhalten; er stimmt aber nur in seinen vier ersten Alinea, in der Ausgabe von Vincent, mit dem arabischen Text von Mech. I, 1, S. 2 bis 6, 3, abgesehen von Kleinigkeiten, gut überein, während er im Folgenden stark davon abweicht, sich aber, mutatis mutandis, häufig wörtlich mit Pappus 1066, 16 ff deckt.

Gegen unsere Folgerung erhebt sich aber ein Widerspruch. Der arabische Titel unseres Textes, der zu Anfang und Ende eines jeden Buches wiederkehrt, lautet

nämlich in wörtlicher Übersetzung: „Buch des Heron über das Heben schwerer Gegenstände". Das entspricht so gut wie nur immer möglich — das Arabische kennt keine Zusammensetzungen wie das Griechische — dem griechischen Barulkus, während „Mechanik" entweder mit dem griechischen Ausdruck, als Lehnwort (wie einmal bei Ja'kûbī ZDMG XLII S. 2), oder durch „die Kunst der Maschinen" wie Mech. I, 34 S. 93, 7, 8 wiedergegeben würde. Wie kommt nun der arabische Übersetzer dazu den Titel Barulkus über die „Mechanika" zu setzen? In Wirklichkeit wird wohl Barulkus der richtige von Heron seinem Buch über Mechanik gegebene Titel sein, und Mechanika ein von Pappus gebrauchter, den Inhalt des Buches allgemein charakterisierender Ersatz dafür sein. Ähnlich nennt Pappus Bücher andrer Gelehrten mit verschiedenen Namen, z. B. den Almagest des Ptolemäus S. 1107, u. vgl. Pappus III, S. XIV; ein Werk des Archimedes S. 312, 20; 313, n. 1; 314, 2; des Eratosthenes S. 636, 24 und 672, 5. 6. Den richtigen Titel Barulkus wendet er einmal in dem Abschnitt 1060 an, weil es sich hier wirklich um das Heben einer Last handelt. Dabei mag ihm der Titel Barulkus ganz natürlicherweise ins Gedächtnis oder vor Augen gekommen sein. Wenn meine Meinung richtig sein sollte, würde ich kein Bedenken tragen, wenigstens die Worte 1060, 6 *λῆμμα — ἀπέδειξεν*, wenn nicht bis Z. 10 *δύναμιν*, für eine Interpolation zu halten, die wohl demselben Schreiber zur Last fiele, der auch (nach Hultsch) die Excerpte aus Heron 1114, 22 ff. eingefügt hat. Daſs derselbe Schreiber es nicht allzugenau mit Titeln nahm, zeigt auch der Eingang seiner Auszüge. Er beginnt: *Τοσαῦτα μὲν οὖν περὶ τοῦ βαρουλκοῦ*, während unmittelbar vorher, 1114, 5, Herons Mechanik erwähnt, und 1114, 8—21 das 18. Kapitel des zweiten Buches der Mechanik wörtlich ausgeschrieben ist, der Barulkus aber mehr als 25 Seiten vorher genannt wird. Der etwas ungewöhnliche Titel Barulkus mag ihn bestochen haben, denselben in einen gewissen Gegensatz gegen die Mechanika zu setzen.

Aufserdem: was sollte der Inhalt des Barulkus gewesen sein? Der Name und das Fragment am Ende der Dioptrik und Mech. I, 1 weisen scharf darauf hin, dafs er von den Maschinen zum Heben der Lasten gehandelt hat. All diese Maschinen hat aber Heron im zweiten und dritten Buche der Mechanik ausführlich besprochen, und es ist doch nicht anzunehmen, dafs er zwei Schriften mit annähernd gleichem Inhalt über denselben Gegenstand verfafst habe. Meiner Ansicht nach stammt das Fragment überhaupt nicht von Heron, sondern ist eine Übung, die ein Leser von II, 21 verfafst hatte. Den Anlafs dazu nahm er aus Herons Worten II, 21 S. 152, 6, 7: „Wenn wir bei diesem Vorgehen noch mehrere Räder und Achsen benutzen wollen, so müssen wir dasselbe Verhältnis anwenden.“ „Mehrere Räder“, nämlich mehr als die drei, die Heron anwandte, „dasselbe Verhältnis“ nämlich 5:1, wie bei den zwei ersten. Heron verläfst nämlich beim dritten Rade das Verhältnis von 5:1 und nimmt ein neues, 8:1, an. Bei diesem Verfahren braucht er nur drei Räder. Sollen mehr Räder gebraucht werden, so kann man beim dritten Rade nochmals das Verhältnis 5:1 anwenden, und hat dann für das letzte Rad das Verhältnis 2:1, wie der Araber in I, 1 oder von 8:5, wie das griechische Fragment. Pappus hat von vornherein das Verhältnis 2:1 angewandt und braucht noch eine Achse mehr. Der Verfasser des Fragments hat auch Herons Vorschrift II, 21 S. 152, 20—24, betreffend die festen Stützen für den ganzen Apparat, gut befolgt durch die Herrichtung des Glossokomon. Diese mehrfache Anwendung von Achsen und Zahnrädern ist eben der Zweck der Übung, sowohl in dem Fragment der Dioptrik als auch bei Pappus. Heron braucht also nicht der Urheber dieses Fragments zu sein, wenn er auch der war, der den Anlafs dazu gab. Dafs es unter die heronischen Schriften geriet und auch zur Ehre kam die Mechanik zu eröffnen, vielleicht für einen ausgefallenen anderen Eingang, läfst sich leicht begreifen. Denn für ein solches Übungsstück

gab es eben keinen besseren Platz, als in dem Buche, dem es sein Entstehen verdankte.

Unter einem dritten, von den beiden eben besprochenen verschiedenen, Titel zitiert Eutokius die Mechanik des Heron, nämlich *μηχανικαὶ εἰσαγωγαί* in Archimedes ed. Heiberg vol. III, S. 71. Dort ist von der Konstruktion zweier mittlerer Proportionalen die Rede und wird die Lösung des Heron nach Mech. I, 11 und nach den Belopoiika angegeben. Der genannte Titel dürfte auch eine freiere Bezeichnung sein, wozu Eutokius durch Heron selbst veranlaſst sein wird, der am Ende des ersten Buches S. 92, 11: sagt „Dies mag für die ersten Darlegungen einer Einleitung in die Mechanik genügen.“

Das Folgende bietet nun eine kurze Übersicht über die eingangs dieses Kapitels erwähnten Excerpte des Pappus aus der Mechanik und der von ihm nur dem Inhalt nach angezogenen Stellen.

Pappus ed. Hultsch S. 56, 1, 11, 17, weist auf Mech. I, 10 und 11, S. 23, 24. 62, 14—64, 18 und Eutokius in Archimedes ed. Heiberg vol. III, p. 71 = Mech. I, 11, S. 24.

Während Eutokius geringe Veränderungen gegen den arabischen Text aufweist, stimmt Pappus bis auf Einzelnes genau damit überein. Es fehlen im Griechischen die Worte S. 24, 11 „Verbunden“ bis „und“; S. 26, 1—3 „während $\alpha\beta$ die erste etc. bis $\beta\gamma$ die vierte Proportionale ist.“ Diese Worte finden sich an der entsprechenden Stelle der Belopoiika, vgl. Archim. III, 71, Note. Z. 6 v. u. S. 24, 6 fehlt *γεγονέτω* im Arabischen.

1030, 18—1032, 33 giebt im Wesentlichen dasselbe wie Mech. I, 24, S. 66, 16—70, 3.

1034, 4 verweist auf Mech. I, 24, S. 62. 1034, 14 ff. groſsenteils wörtlich = II, 35 S. 188, 20 ff. S. unten S. 292, 4.

1054, 4—1056, 29 scheint durch Mech. I, 23 veranlaſst zu sein.

1060, 4 weist auf I, 1. Vgl. unten S. 256, 9.

1064, 8 hat Mech. II, 7 ff. im Sinne. S. unten S. 260, 20.

1068, 4 (unten 264, 28) verweist auf Mech. I, 19, S. 48, 4ff. und auf Pappus 1108, 30 ff. vergl. unten S. XXXI.

1068, 19—23 (unten 266, 27) bezieht sich auf Mech. I, 6, S. 14, 26—28 und II, 7.

1108, 30—1114, 3 behandelt dieselbe Aufgabe wie Mech. I, 19, S. 48, 4 ff.

1114, 8—21 = Mech. II, 18, S. 140, 8—22. Das „absurdum interpretamentum" 1114, 12 wird durch das Arabische klar, da wahrscheinlich im Griechischen vorher ausgefallen ist: „Der Zahn *γε* greife vollständig in eine Windung ein", wodurch natürlich „die übrigen .... nicht eingreifen". Die arabische Übersetzung von 1114, 16—17 könnte als Tautologie aufgefaſst werden; doch weist das Griechische darauf hin, daſs sie richtig ist. Nur ist zu beachten, daſs das Arabische die Partizipialkonstruktionen nicht nachahmen kann, sondern dieselben in der Regel durch selbständige Sätze auflösen muſs.

1116, 7—10 incl. *ἐκθέσθαι* und von 11 *αἱ προειρημέναι* bis 15 (ohne Zeile 14 *πρὸς τούτοις ὁ καλούμενος ἄπειρος*), dann von 16—32 = Mech. II, 1, S. 94, 5—25. Nachher fehlt im Griechischen von „Wenn wir dies gethan" bis 96, 7.

1118, 1—13 = Mech. II, 1, S. 96, 8—98, 6.

1118, 14—27 = Mech. II, 2, S. 98. 1118, 20—21 hat der Araber weitläufiger; Z. 22 ist miſsverstanden, indem in seiner Vorlage *πάνυ εὐκόπου* vielleicht fehlte.

1118, 28—1122, 5 = Mech. II, 3, S. 98 ff. 1118, 18 nach der Klammer kleiner Zusatz im Arabischen; Z. 18, 19 von *ἵνα* bis *ἐξάπτωμεν* fehlt im Arabischen; 1122, 1 *δυσπειθῆ* umschrieben durch den Satz: weil etc.

1122, 6—25 = Mech. II, 4, S. 102. S. 102, 22 lieſse sich besser mit Pappus 1122, 9 in Einklang bringen, wenn man übersetzt: „um das, was herrlich ist von Zimmermannsarbeiten etc.", je nachdem man ein Wort des Textes anders liest. 1122, 15 nach *διὰ* scheint der Araber einen anderen Text gehabt zu haben oder im Griechischen etwas ausgefallen zu sein. Z. 18 *καρτερὰ*

δὲ ἡ ἐπίτασις fehlt im Arabischen. Z. 24 τουτέστιν δι' ἐλάσσονος πληγῆς fehlt im Ar.

1122, 26—1128, 2 = Mech. II, 5, S. 104 ff. 1124, 2 καὶ στροφῆς fehlt im Ar. Z. 24 ff. im Arabischen weitschweifiger.

1128, 3—1130, 3 = Mech. II, 6, S. 108—112.

1130, 4—7 = Mech. II, 7, S. 112, 8—11.

1130, 7 bezieht sich auf Mech. II, 7 ff.

1130, 11—1134, 11 = Mech. III, 2, S. 202. 1132, 14 ἐκ πλειόνων συμβλητόν γίνεται fehlt im Ar. 1132, 19—21 ὅπως bis ὅπλων fehlt im Ar.

## IV. VOLLSTÄNDIGKEIT DER MECHANIK. INTERPOLATIONEN.

Wenden wir uns nun zur Frage nach der Vollständigkeit der Mechanik. Hierfür haben wir nicht so gute Zeugnisse wie für die Echtheit und sind mehr auf innere Kriterien angewiesen. Um zunächst das Sichere zu erwähnen, so ist die uns im arabischen Texte überlieferte Einteilung der Mechanik in drei Bücher durch Pappus 1130, 8 (allerdings nur für das Minimum von drei) bezeugt. Die daselbst als aus dem dritten Buch des Heron entnommen bezeichneten Stellen bilden in diesem das Ende des ersten Kapitels und das zweite vollständig. Der Inhalt des zweiten und dritten Buches wird am Anfang des ersten Kapitels des dritten Buches kurz angegeben und stimmt dazu vollkommen. Dafs nicht etwa noch ein viertes und weiteres Buch vorhanden war, dürfte sich aus der Erwägung ergeben, dafs der Gegenstand der praktischen Mechanik, als welche Herons Buch offenbar gedacht ist, mit der Darstellung der Pressen und der Konstruktion der Schraubenmutter erschöpft ist, so dafs kein Bedürfnis für Weiteres vorhanden war.

Das erste Buch mit seiner reichen Mannigfaltigkeit an behandelten Gegenständen dürfte wohl den Satz Herons rechtfertigen, den er am Ende des ersten Buches schreibt,

dafs nämlich das Vorhergegangene für die ersten Darlegungen einer Einführung in die Mechanik genüge. Dafs nun aber das erste Kapitel des ersten Buches nicht den Anfang des ganzen Werkes gebildet hat, geht klar aus seinem Inhalt hervor, der viel mehr voraussetzt als im ersten Buche behandelt wird. Ich habe schon oben S. XV Zweifel an der Echtheit dieses Kapitels geäufsert. Sicher dürfen wir nun behaupten, dafs es nicht an der richtigen Stelle steht, sondern dafs der zweite Paragraph das Buch, wenigstens sachlich, beginnt. Vor Beginn des zweiten Kapitels hat die Leidener Handschrift folgende Bemerkung: „Hier ist im Griechischen eine Lücke". Weiter, offenbar als Glosse zu dieser Note: „Dies wurde geschrieben in der Vermutung, dafs es sich so verhält". Statt dieser Bemerkungen hat K.: „Diese Handschrift ist frei von der Lücke, die sich in anderen findet". Was hat nun hier noch im Griechischen gestanden? Oben S. XIII ist schon darauf hingewiesen, dafs der griechische Text des ersten Kapitels nur in seinen vier ersten Alinea mit dem Arabischen zusammengeht. Bezieht sich nun die Bemerkung über eine Lücke auf den Rest des griechischen Textes, der in der Vorlage des Übersetzers fehlte, von diesem aber wenigstens sachgemäfs selbständig ergänzt wurde? Dann hätte er aber wohl nicht von einer Lücke geredet, vielleicht eher gesagt, er habe die Lücke des Griechischen ausgefüllt. Andererseits ist der Umfang des ersten Buches innerlich und äufserlich ein solcher, dafs wir kaum anzunehmen brauchen, es sei sachlich etwas ausgefallen. Wenn also etwas fehlt, so dürfte es vielleicht eine Widmung oder allgemeine Einleitung gewesen sein, wie sie Hultsch in den Commentationes philologae in h. Th. Mommsen Berlin 1877, S. 120 aus Pappus zu rekonstruieren versuchte. Dafs nichts zur Materie des Buches Gehöriges fehlt, möchte ich auch daraus schliefsen, dafs die Entwickelung des Gegenstandes ganz ähnlich beginnt wie in der Mechanik des Aristoteles, nämlich mit der Bewegung der Kreise oder Räder. Entlehnungen aus Aristoteles sind

mehrere der Fragen in II, 34; so möchte auch eine Anlehnung an ihn zu Anfang des Buches nicht ganz unwahrscheinlich sein. Wir dürfen also wenigstens die sachliche Vollständigkeit der Mechanik des Heron als sicher annehmen.

Anders steht es nun mit der formellen Vollständigkeit der Schrift, der Unversehrtheit. Abgesehen von den Auslassungen der Handschriften, die sich, wie bereits erwähnt, durch Vergleichung der verschiedenen Exemplare ergänzen lassen, ist nur eine Lücke nachzuweisen, nämlich im Eingang des 33. Kapitels des ersten Buches. Der erste Herausgeber hat diese Stelle bereits in seiner Übersetzung vervollständigt, und ich habe mich ihm angeschlossen. Ferner sind zwei stark verderbte Stellen in allen Handschriften vorhanden, nämlich I, 15, S. 33, 10—11 und I, 17, S. 37, 11, die ich nach den Resten und nach sachlichen Erwägungen zu emendieren versucht habe. Zahlreiche kleinere Verderbnisse sind aus den Noten zum arabischen Texte leicht zu ersehen. Über eines dieser Verderbnisse bin ich nicht ganz ins Reine mit mir gekommen, nämlich 225, 2. Dort schlägt de Vaux für die offenbar unverständlichen Lesungen der Handschriften die im Text stehende Konjektur vor. Diese verstehe ich aber, offen gestanden, ebenso wenig wie die Lesungen der Handschriften. Vielleicht ist dafür الاطراف zu lesen. Sodann wären hier die Umstellungen des Leidener Codex und desjenigen von Konstantinopel im ersten Buch zu erwähnen, auf die oben S. XX schon hingewiesen ist.

Ferner gehört hierher ein Einschub im Paragraphen 19 des ersten Buches, S. 48, 4—54, 9 dieser Ausgabe. Dieses Stück fehlt in der ersten Ausgabe, weil es in der Leidener Handschrift nicht steht, obgleich dieselbe zwei von den dazugehörigen Figuren (Fig. 13 der ersten Ausgabe) beim Kap. 19 bietet. Für die Echtheit dieses Stückes spricht Pappus 1068, 1—3. Dort sagt Pappus, Heron habe in seiner Mechanik gezeigt, wie man eine Schraube kon-

struiere, deren Gewinde in ein gegebenes Zahnrad eingreife; er werde es aber auch selbst darlegen, wie es auch später 1108, 30 ff. geschieht. Bei dieser Verweisung auf Heron hat Pappus offenbar unseren Einschub im Sinne. Heron zeigt nun aber hier nicht, wie man eine Schraube konstruiert, die in ein Zahnrad eingreift, sondern das Umgekehrte. Das thut aber auch Pappus 1110. Denn er konstruiert erst die Schraube ohne Rücksicht auf ein gegebenes Zahnrad und bringt dann an einer runden Scheibe Zähne an, die in das zuerst gemachte Schraubengewinde passen. Hieraus ergiebt sich aber die Konstruktion einer Schraube zu einem gegebenen Zahnrad von selbst, indem die Höhe des Schraubenganges gleich dem Abstand zweier Zahnspitzen genommen und das Gewinde der Zahnlücke entsprechend ausgeschnitten wird. Ein Unterschied zwischen Pappus und Heron besteht nur insofern, als Pappus ein linsenförmiges Gewinde, Heron ein viereckiges annimmt. Pappus schlägt in seinem Verfahren zwei Fliegen mit einer Klappe, indem er auch die Lösung der schwierigeren Aufgabe bietet, ein Zahnrad zu einer gegebenen Schraube zu konstruieren.

Daſs dieser Einschub nun in I, 19 nicht an der richtigen Stelle steht, ist aus der Umgebung desselben im Vergleich mit seinem Inhalte klar ersichtlich. Für die Stelle, wo er einzuschalten wäre, giebt m. E. Pappus einen Fingerzeig. Nachdem er die Konstruktion der Schraube und des dazu passenden Zahnrades gegeben hat, schreibt er 1114, 8—21 Kap. 18 des zweiten Buches der Mechanik S. 140, 5—22 wörtlich aus, das sich auch ganz sachgemäſs der Konstruktionsaufgabe anschlieſst. Vermutlich hat Pappus die Anordnung der Kapitel hier aus Heron herübergenommen, so daſs der richtige Platz des besprochenen Einschubs mithin zwischen Kap. 17 und 18 des zweiten Buches zu suchen wäre.

Handelte es sich bisher um Umstellungen des Textes, so haben wir jetzt einige Abschnitte anzuführen, die eingeschoben sind, ohne mit dem Text etwas zu thun zu

haben. Vorher möchte ich nur noch eine Randbemerkung zum ersten Paragraphen des ersten Buches mitteilen, die sich nur in einer Handschrift, der Leidener, findet und inhaltlich gerechtfertigt ist, da sie sich auf Fig. 1 bezieht. Sie lautet (L am Schlufse von I, 1): حاشية ينبغى ان يخرج محور ذح الى ض ويقام عليه عمود (ms. عمودا) ضظ مساويا (ms. مساو) لنصف قطر فلكة تث او اكثر والله اعلم ☉ Zu deutsch: Man mufs die Achse $\eta'\delta'$ nach $\varphi'$ verlängern und darauf eine Senkrechte $\varphi'\vartheta'$ gleich dem Halbmesser des Rades $\tau\tau'$ oder etwas gröfser errichten (als Handhabe).

Die erste wirkliche Interpolation ist I, 29. Dieser Abschnitt unterbricht die Darlegung über die Verteilung der Last auf Stützen, ohne in irgend einer Beziehung dazu zu stehen. Der Paragraph klingt ja ganz „mechanisch", zeigt auch einen Anklang an II, 33, indem S. 80, 2 ff. einen ähnlichen Gedanken ausspricht wie S. 174, 1 ff.; ich wüfste aber keinen passenden Platz für das Kapitel in der Mechanik anzugeben, wenn es nicht etwa mit I, 20—23 eine Gruppe gebildet haben sollte. Ebenso giebt sich II, 21, S. 146, 31—148, 5 als Interpolation zu erkennen; denn dieser Abschnitt spricht von Dingen, die mit dem Vorhergehenden und Folgenden keinen Zusammenhang haben, auch nicht in dem „vorhergehenden Buch" auf das 148, 5 verwiesen wird, besprochen sind. Es ist mir aber leider auch nicht gelungen ausfindig zu machen, woher diese Eindringlinge gekommen sein mögen.

Eine zweifelhafte Stelle ist noch I, 21, 14—18, indem ganz unklar ist, wo im Vorhergehenden schon von Cylindern und Kugeln geredet worden sein soll.

Schliefslich hat sich mir noch die Frage aufgedrängt, ob I, 24 an der rechten Stelle steht und nicht vielleicht mit II, 35 bis Schlufs des zweiten Buches zusammenzustellen wäre. Im ersten Buch steht das Kapitel voll-

ständig isoliert, während es sich im zweiten mit einer Anzahl von Sätzen über die Auffindung des Schwerpunktes gut vereinigen ließe. Einstweilen fehlen aber noch die Mittel, diese Frage zu entscheiden und wir müssen uns mit dem überlieferten Texte begnügen, wie er nun einmal angeordnet ist.

## V. DIE FIGUREN.

Was nun die beigegebenen Figuren betrifft, so sind wir Herrn Barbier de Meynard, Präsidenten der Société Asiatique zu Paris, der uns die Clichés der ersten Ausgabe durch Vermittelung des Herrn Baron Carra de Vaux gütigst überließ, außerordentlich verbunden. Die Grundlagen der Figuren bilden die im Leidener Codex vorhandenen Zeichnungen, die zum größten Teile schon für die erste Ausgabe umgezeichnet wurden, soweit sie nicht einfache geometrische Gebilde darstellen. Zur Veranschaulichung, wie die Figuren in der Handschrift von Leiden gezeichnet sind, habe ich die der ersten Hebelpresse in genauer Nachbildung als Figur 56a beigegeben. Außerdem verweise ich noch auf Fig. 1, 8, 11 und 12, sowie 14 der ersten Ausgabe, welche die handschriftlichen Zeichnungen zu Fig. 1, 8, 10 und 11 der neuen Ausgabe bieten. Für die Pressen mit einer und zwei Schrauben, die erste Hebelpresse und die Figur zu Kap. 18 des ersten Buches hat mir Baron de Vaux seine Zeichnungen nach dem Londoner Manuskript freundlichst überlassen, das aber auch nichts Besseres bietet als der Leidener Codex. Für die aus Platten zusammengesetzte Galeagra III, 17 habe ich keine besondere Figur beigegeben, da sie durch die bei den Schraubenpressen Fig. 59 u. 60 gezeichneten in hinreichender Klarheit dargestellt sein dürfte.

Über meine Rekonstruktionsversuche möchte ich hier noch einiges bemerken.

Figur 1 ist auf der Grundlage der handschriftlichen Figur nur perspektivisch umgezeichnet, um die Sache besser zu veranschaulichen.

Fig. 8 bedarf einer kleinen Erläuterung, da mir de Vaux in der ersten Ausgabe S. 58, Note 1, Fig. 9 (im Separatabzug) auch theoretisch nicht ganz das Rich-

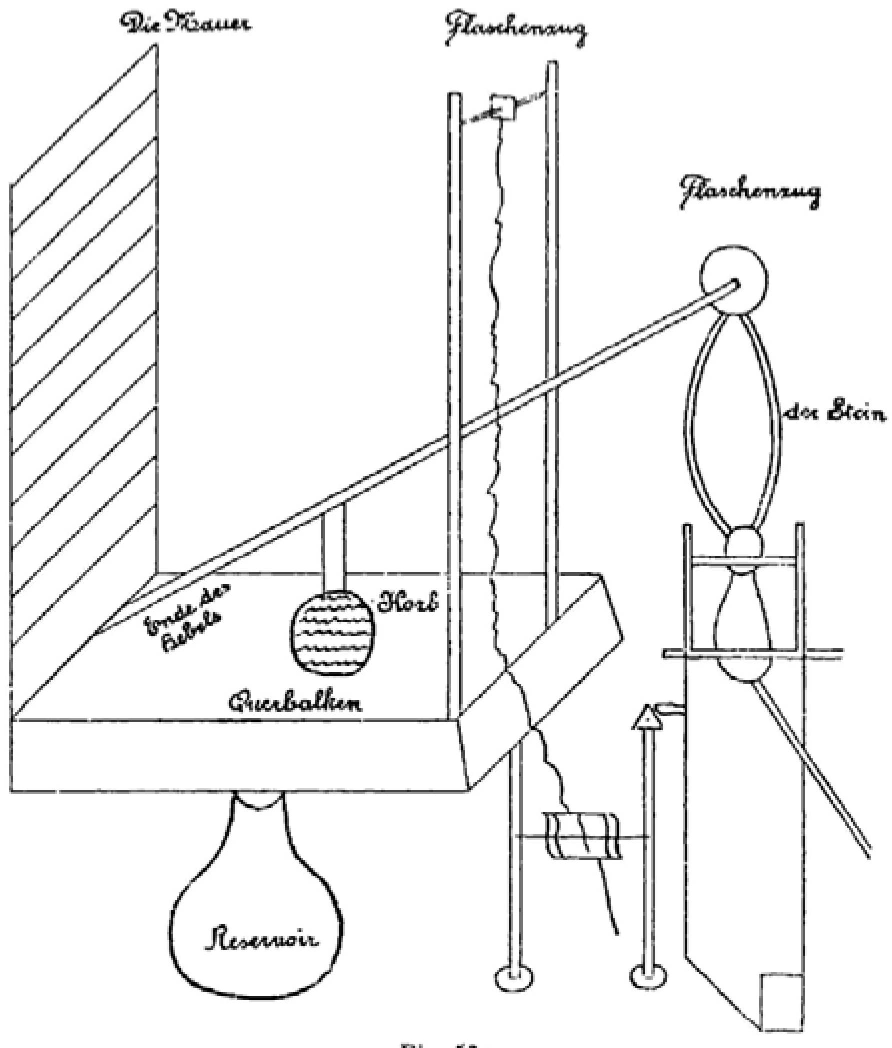



Fig 56 a.

tige getroffen zu haben scheint. De Vaux sagt daselbst Z. 10/11 von unten: „La ligne $A'B'$, tangente au cercle $OB'$, est venue dans la rotation occuper une position parallèle à celle de $AB$; je la déplace aussi dans sa propre

direction“ etc. Dies letztere dürfte nach Herons Beschreibung zu Anfang von I, 15 nicht möglich sein, da er sagt: „machen wir zwei Scheiben um denselben Mittelpunkt, die darauf festsitzen“. Dies fasse ich so auf, daſs die beiden Scheiben nur zusammen gedreht werden können, nicht aber jede für sich. Ferner nehme ich مهندمة in Zeile 3 nicht zum Folgenden wie der französische Übersetzer, sondern zum Vorhergehenden أسنان und übersetze: gleichmäſsig gezahnte Scheiben; d. h. die kleinere habe ebensoviel Zähne als die gröſsere, so daſs auch die kleinen Zähne den gröſseren proportional sind, wie ich es in der Fig. 8 durch die Linien *abc*, *adi*, *afg* angedeutet habe. Die Merkpunkte *m* und *n* sollten nun streng genommen in den Zahnlücken angesetzt werden; das wäre unbequem. Macht man aber die Lineale *onl* und *rmp* derartig, daſs ihre Breiten in demselben Verhältnis stehen, wie die Radien der Scheiben (bis zur Zahnspitze gerechnet), so kann man die Merkpunkte auch auf der äuſseren, geraden Seite der Lineale annehmen, wie es die Figur darstellt. Denkt man sich nun das obere Ende der Lineale ganz nahe oberhalb der Punkte *m* und *n*, und verschiebt das Lineal *lno* z. B. um zehn Zähne, so geht das Lineal *pmr* von selbst um zehn Zähne mit, weil die beiden Scheiben fest auf einander sitzen, und die Punkte *m* und *n* bilden, wie immer die Lineale verschoben werden mögen, mit *a* fortwährend eine gerade Linie, wie es Heron Kap. 15 Z. 10ff. verlangt, und es verhält sich immer *am* zu *an* wie der Radius der kleineren Scheibe zu dem der gröſseren. So braucht man mit dem einen Merkpunkt nur die gegebene ebene Figur, zu der man eine ähnliche machen will, nachzufahren, damit der andere von selbst die ähnliche beschreibt. In dieser Weise ist das Instrument das Urbild unseres Storchschnabels, mit dem Unterschiede, daſs man es für jedes neue Verhältnis neu anfertigen muſs, während der Storchschnabel für mehrere Verhältnisse verstellbar ist.

I, 18 ist infolge der etwas verworrenen Anordnung der Bedingungen ziemlich schwer verständlich. Zur

Erleichterung des Verständnisses erlaube ich mir, meine Auffassung hier kurz darzulegen. Die Konstruktion ähnlicher körperlicher Figuren, wie sie der Abschnitt zur Aufgabe stellt, beruht auf folgenden zwei Sätzen. Erstens: Die Lage eines Punktes im Raume gegen eine gegebene Ebene, die nicht durch diesen Punkt geht, ist bestimmt durch die Entfernung des Punktes von zwei in dieser Ebene bekannten Punkten und durch den Winkel, den die durch die drei Punkte bestimmte Ebene mit der gegebenen bildet.

Zweitens: Ähnliche Pyramiden verhalten sich wie die Cuben von zwei homologen Seiten ihrer Grundflächen.

Die Anwendung dieser beiden Sätze auf die gestellte Aufgabe geschieht in dieser Weise: denken wir uns ein Modell, etwa eine Büste, wovon eine Verkleinerung nach einem gegebenen Verhältnis in einem daneben stehenden Marmorblock hergestellt werden soll. Man nimmt nun auf dem Modell drei benachbarte Punkte an, die ein Dreieck und dessen Ebene bestimmen. Denken wir uns ferner das Modell von einem rechtwinkligen Parallelepipedon so umschlossen, daſs die äuſsersten Punkte des Modells in die Wände des Parallelepipedons fallen, so können wir die drei angenommenen Punkte auf die nächstgelegene Wand projizieren, indem wir durch die Punkte Parallelen zu den an die eben genannte Wand anstoſsenden Wänden ziehen. Durch Umrechnung der Maſse in das neue Verhältnis und Messen der Winkel können wir auf dem Block ein dem projizierten Dreieck ähnliches und ähnlich gelegenes finden. Bohren wir nun von den so gefundenen Dreieckspunkten parallel zu den Wänden des ebenfalls parallelepipedisch gedachten Marmorblockes und unter Berücksichtigung des zu reduzierenden Verhältnisses der am Modell gezogenen Parallelen in den Marmorblock ein, so haben wir auf der Verkleinerung ein dem auf dem Modell zuerst bestimmten Dreieck ähnliches und ähnlich gelegenes gefunden. Wir konstruieren nun die im Texte beschriebenen Eisengestelle so, daſs die Punkte $\eta \varepsilon \zeta$ des

gröfseren auf die am Modell angenommenen Punkte, und die Punkte $\nu o \xi$ des kleineren auf die an der Verkleinerung gefundenen Punkte fallen. Jetzt zeichnen wir auf der Platte $ab$ zwei diesen beiden kongruente Dreiecke, wie sie Fig. 10 darstellt. Dann biegen wir die Spitze $S$ des gröfseren Gestelles nach einem beliebigen Punkte des Modells, setzen das Gestell so auf die Platte $ab$, dafs die Spitzen $\eta \varepsilon \zeta$ auf die gleich bezeichneten Dreieckspunkte fallen, heben die Platte $cd$, bis sie die Spitze $S$ trifft und halten sie durch die bei $c$ angebrachte Einrichtung in dieser Lage. Die Spitze $S$ bestimmt so den Punkt $m$ auf $cd$, und die Lage der beiden Platten den Winkel, den $S\eta\zeta$ nud $\eta\varepsilon\zeta$ auf dem Modell mit einander bilden. Durch $n\xi$ parallel zu $m\zeta$ wird auf $cd$ der Punkt $n$ bestimmt. Wir bringen nun das kleinere Gestell auf $\nu o \xi$ und biegen die Spitze $s$, bis sie den Punkt $n$ auf $cd$ trifft. Übertragen wir das Gestell auf die Verkleinerung, so giebt $s$ die Lage des Punktes $n$ auf derselben an, und $n$ entspricht dem Punkt $m$ des Modells, indem $m\eta\varepsilon\zeta$ und $n\nu o\xi$ zwei einander ähnliche Pyramiden bestimmen. Durch Bestimmung immer weiterer Punkte wird die gestellte Aufgabe gelöst.

Heron scheint sich die Beweglichkeit der Platten so gedacht zu haben, dafs der gröfste Winkel, den die eine mit der anderen bildet, $180^0$ beträgt; darauf dürfte wohl der erste Abschnitt von I, 19 hindeuten. Dort wird nämlich zur Herstellung der Rückseite der Körper angegeben, man solle die drei Punkte auf der Rückseite der Körper annehmen. Das wäre m. E. nicht nötig, wenn die Platten so beweglich wären, dafs sie auch Winkel von mehr als $180^0$ mit einander bilden könnten. Dann könnte man mit den Zinnstäben — ihre erforderliche Biegsamkeit vorausgesetzt — auch nach unten zugespitzte Pyramiden bestimmen, wobei es einerlei ist, ob das von der Spitze derselben auf die Grundfläche gefällte Lot innerhalb oder aufserhalb des Grunddreiecks fiele. Je nach Beschaffenheit der Körper müfsten, wenn wir die

Beweglichkeit der Platten nur für 180° denken, wohl auch die Dreieckspunkte mehrfach an verschiedenen Stellen bestimmt werden, um immer nur nach oben zugespitzte Pyramiden zu erhalten. Für das Verständnis des zweiten Teils von I, 19 wird das eben Gesagte und die dort gegebenen kurzen Anmerkungen wohl genügen.

Zu III, 20, Fig. 60 ist zu bemerken, daſs meine Rekonstruktion der Presse mit einer Schraube etwas einfacher ist, als Heron angiebt. Er dachte sich wohl die Preſsplatte rechts und links in den Nuten der beiden Pfosten laufend wie in Fig. 59.

Bei den übrigen Rekonstruktionen habe ich die Bezeichnungen der Figuren an den betreffenden Stellen der Übersetzung eingefügt, was dem Leser hoffentlich eine gewisse Erleichterung bei schwierigen Partien, wie III, 21, gewähren wird.

## VI. DIE GRIECHISCHEN LEHNWÖRTER IN DER MECHANIK.

Es erübrigt noch, die in dem arabischen Text vorkommenden griechischen Lehnwörter kurz zu besprechen.

1) Mech. I, 18, S. 37, 20 wird für die, die beiden Platten zusammenhaltenden und ihre Beweglichkeit bedingenden Scharniere ein Wort gebraucht, das offenbar verderbt ist. Ein Ausdruck für eine solche Einrichtung ist sonst *στροφωμάτια*, das zweimal bei Heron vorkommt. Das läſst sich aber aus dem Konsonantengerippe des arabischen Wortes nicht herauslesen. Ich möchte das griechische Wort *ἁρμογή* darin wiedererkennen, das sich viel leichter mit dem arabischen Wortbild zur Übereinstimmung bringen läſst. Es wäre dann mit arabischer Pluralendung هرماوجات harmogât zu schreiben.

2) In demselben Paragraphen S. 38, 5 wird von den dreiarmigen Eisengestellen, ehe von dem daran befestigten Zinnstab und der Biegung der Arme die Rede ist, gesagt, sie gleichen الحرف الذى يسمى هولا. Die französische

Übersetzung hat dafür: à la pince que l'on appelle chélé. Zunächst hat حرف niemals die Bedeutung pince, wenigstens geben sie die Wörterbücher nicht an und hinter هولا das griechische χηλή zu finden, ist so gut wie unmöglich. Ich nehme حرف in der allgemein bekannten Bedeutung Buchstabe und es ergiebt sich die Vergleichung des dreiarmigen Eisens mit dem griechischen Buchstaben Ypsilon ganz von selbst. Das Wort هولا wäre natürlich stark verderbt, wenn es den ganzen griechischen Namen Ypsilon darstellen sollte. Da aber die übrigen Lehnwörter alle sehr oder ziemlich gut erhalten sind, dürfen wir vielleicht in den beiden ersten Zeichen den Laut des Ypsilon (mit *h* für den Spiritus lenis, weil أو für anlautendes *o* steht, z. B. Nr. 13 u. 14) und in den beiden letzten Zeichen die verderbte Wiedergabe der Form des grofsen griechischen Ypsilon erkennen (vgl. unten Nr. 19). Doch sei diese Deutung nur mit allem Vorbehalt gegeben.

Der Vergleich des Eisengestelles nach Biegung der Arme (ohne den Stab) mit einer Galeagra, wie sie III, 16 beschrieben wird, dürfte wohl nicht zu gewagt sein, wenn man sich eine Galeagra mit nur drei Seiten, statt der III, 16 angegebenen vier, denken will.

3) I, 21, S. 58, 5 vermutet de Vaux unter dem handschriftlichen لمحابات wie III, 1 das griechische χελώνη. Die letzte Stelle weist aber darauf hin, dafs dahinter ein arabisches Wort steckt. Die Stelle III, 1 ist griechisch erhalten und lautet Pappus 1130, 11 u. 12: *Τὰ μὲν οὖν ἀγόμενα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, φησίν, ἐπὶ χελώνας ἄγεται. ἡ δὲ χελώνη πῆγμά ἐστιν κτλ.* Da nun die im Arabischen den beiden Worten χελώνας und χελώνη entsprechenden Ausdrücke eine grofse Ähnlichkeit im Konsonantengerippe aufweisen, das χελώνη korrespondierende aber gut arabisch ist, so vermute ich in dem in Rede stehenden Wort nur eine kleine Verderbnis und lese اللجآت als Plural des χελώνη vertretenden اللجأة in III, 1. Ich

hatte eine Zeitlang daran gedacht, statt اللحابات zu lesen اللجأيات. Doch ist ein derartiger Plural von لجاة oder ähnliche Femininplurale von Singularen tertiae hamzae nicht zu belegen, so weit wenigstens meine Untersuchungen reichen. Ich schlage also einstweilen noch لجآت vor. Dasselbe Wort لحابات (vgl. die vv. ll. zur Stelle) tritt noch einmal auf III, 15 bei der zweiten Hebelpresse. Dort kann es aber nicht Wiedergabe des griechischen *χελώνη* sein, denn es ist daselbst die Rede von Schwellen, durch welche die auf dem Prefsbalken laufende Rolle (vgl. Fig. 57) verhindert werden soll, sich weiter zu bewegen als nötig ist. *χελώνη* hat nun nicht die Bedeutung Schwelle oder dergl., wohl aber könnte im griechischen Texte hier *χελώνειον* gestanden haben, und von dem arabischen Übersetzer durch لجاة „Kröte" wiedergegeben worden sein. Auf diese Vermutung brachte mich Blümners Technologie III, S. 127, wo chelonia in ganz ähnlicher Weise als Hemmungen gegen das Herabrutschen des Seiles, an welchem der Flaschenzug angebunden ist, bei Vitruv (s. unten S. 380) gebraucht wurden. Vgl. *χελωνάριον* = *κωλυμάτιον* Bd. I, 100, 3, 4.

Lehnwörter, die ohne weiteres identifiziert werden können, sind folgende:

4) مخل pl. امخال = *μοχλός* Hebel. II, 1 u. ö.

5) غالاغرا I, 1 u. ö. = *γαλεάγρα*.

6) اسفين pl. اسافين = *σφήν* Keil. Die Lexika geben nur سفين an, doch hat der arabische Text durchgehends اسفين.

7) برطركين (nach einer Konjektur de Vaux's) = *περιτρόχιον* das Rad (an der Welle). II, 1 u. ö. Vielleicht besser برطرخين zu schreiben.

8) قلس pl. قلوس = *κάλως* Tau. II, 1 u. ö.

9) ابومخليون = *ὑπομόχλιον* der Stein unter dem Hebel. II, 2 u. ö.

10) منغنن = μάγγανον die Achse am Flaschenzug, auf der die Räder sitzen. II, 3.

11) طولس = τύλος ein hölzerner Zapfen. II, 5.

12) قانون pl. قوانين = κανών Lineal. I, 15. II, 5.

13) اودس = ὀδός oder οὐδός die Schwelle. III, 3.

14) اورس = ὄρος Preſsbalken. III, 15 vgl. Nr. 17.

15) طرمس liest de Vaux zu III, 15 τράμις. Das paſst aber hier nicht; ich lese τόρμος, was sich besser mit dem Sinn der Stelle vereinbaren läſst; doch ist diese Stelle in ihren Einzelheiten recht unklar.

Es verbleiben noch einige Wörter, die gewisse Schwierigkeiten bieten.

16) Zunächst tritt II, 5 und II, 11 ein Wort auf, das alle Handschriften سلاح schreiben, wofür de Vaux ساذج las und es mit σύζυξ zusammenbrachte. Die Lesung سلاح dürfte aber richtig sein. Denn II, 5 verglichen mit Pappus 1126, 13 zeigt, daſs der Araber eine kleine Erläuterung eingeschoben hat, um das Wort für Seil ὅπλον zu erklären. Er sagt nämlich (wörtlich): Wir nehmen ein Seil von den Seilen, welche سلاح genannt werden. ὅπλον im Sinne von Seil war ihm wahrscheinlich nicht sehr geläufig; da es aber hier Seil heiſsen muſs, setzte er die Erklärung bei und übersetzte in derselben ὅπλον in der ihm bekannten Bedeutung „Waffe“ mit dem dieser Bedeutung entsprechenden Wort سلاح.

17) Ähnlich ist die Stelle III, 13, wo ὄρος der Preſsbalken, ebenfalls wohl wegen seiner, dem Übersetzer nicht geläufigen Bedeutung fälschlich für τὸ ὄρος gefaſst und mit der dem letzteren Worte eignen Bedeutung „Berg“ arab. جبل wiedergegeben, während es III, 15 als Lehnwort أورس (vgl. Nr. 14) geschrieben wird. Der erste Herausgeber wollte خيل lesen und dies mit dem griechischen χυλόω zusammenbringen. Doch giebt es, soweit ich in den Lexica sehe, kein Wort für Preſsbalken, das mit

*χυλόω* zusammenhängt. So wird also wohl hier ein Mifsverständnis des arabischen Übersetzers vorliegen.

18) Ein andres Beispiel von allzuwörtlicher Übersetzung finden wir III, 15, wo mehrfach von einem „Backstein" die Rede ist. de Vaux übersetzte das Wort mit andrer Punktierung „Kissen", doch dürfte ersteres richtig sein, wenn wir nach einer Vermutung des Herrn Dr. Schmidt annehmen, dafs im Griechischen an den betreffenden Stellen *πλινθίον*, Ziegel, Platte, gestanden hat, was ganz gut pafste.

19) III, 8 ist von zwei eisernen Pflöcken die Rede, vom Aussehen des حرف غما٩ (vgl. die vv. ll.). De Vaux übersetzte nach seiner Konjektur „en forme de crochet". Die drei ersten Buchstaben sind aber in allen Handschriften sicher und bei de Vaux's Übersetzung bleibt حرف unberücksichtigt. حرف ist wieder wie oben I, 18 Buchstabe und unter dem Folgenden vermute ich den Buchstabennamen Gamma. Gamma würde, allerdings in der älteren Form Γ, die vielleicht durch den überstrichenen Haken dargestellt werden sollte, aber durch Abschreiber in die in der Note zur Stelle angegebenen Formen gebracht wurde, für den Vergleich mit der Form der in Fig. 53 oben gezeichneten Pflöcke wohl geeignet sein, und es wäre also غما zu lesen, wie ich auch im Text geschrieben habe.

20) III, 13, 14 kommt in verschiedener Form ein Wort vor, welches de Vaux einmal als dem griechischen *ληνός* entsprechend, das andere Mal als *λᾶας* gefafst hat. Nun bedeutet *ληνός* niemals den Prefsbalken, und *λᾶας* ist ein so seltenes Wort, dafs es wohl nicht hier, III, 14, gestanden haben wird. Ich halte die beiden einander sehr ähnlichen Schriftzüge für dasselbe Wort, nämlich لثس, als Transskription des griechischen *λίθος* und emendiere die Stelle III, 13 so wie im Text gedruckt ist, wodurch ein vollständig guter Sinn geboten wird. Vgl. die Übersetzung dieser Stelle.

21) III, 15 hat B (und zwar nur B) zu „lange Speichen" S. 228, 22 (Text S. 231, 5) eine Anmerkung,

die angiebt, wie die „starken Speichen" auf griechisch heifsen. Das Wort ist unpunktiert und sieht so aus: برنا. Ich möchte entweder برنا oder بربا punktieren, und darunter das griechische Wort *περόνη* oder sein Synonym *πόρπη* finden, da der Dorn einer Schnalle ähnlich in den Riemen einsticht wie die Speichen in das Rad an der Welle.

## VII. DIE SPRACHE DES ARABISCHEN ÜBERSETZERS.

Zum Schlusse möchte ich nun nur noch eine kurze Bemerkung über das Arabische der Übersetzung des Kosta ben Luka anfügen. Die Abweichungen vom Altarabischen dürften hauptsächlich den Abschreibern zur Last fallen, die aus Unachtsamkeit und mangelndem Verständnis Punktations-, Kasus- und Kongruenzfehler reichlich haben einreifsen lassen, die ich nicht überall korrigiert habe. Die Kategorie der Kongruenzfehler ist besonders bei dem Pronomen und Adjektiv stark vertreten; aufserdem ist die Syntax der determinierten Kardinalzahlen sehr häufig die moderne, indem der Artikel vor dem Zahlwort steht, aber bei dem folgenden Substantiv fehlt. Ebenso hat bei غير immer dieses und nicht das folgende Wort den Artikel, wie im modernen Gebrauch. Zuletzt ist noch eine, so weit ich es beurteilen kann, nur in unserer Übersetzung vorkommende Eigentümlichkeit zu erwähnen, nämlich das häufige Auftreten von قد vor dem Imperfektum in konstatierendem Sinne, nicht mit der Bedeutung manchmal oder dergl. Vier Stellen, wo dieses قد vorkommt, sind griechisch erhalten, nämlich:

1) II, 2 S. 99, 11 = Pappus 1118, 23 علمت انه قد يمكن = *ἐνόησαν ὅτι δυνατὸν*
2) II, 2 S. 101, 20 = Pappus 1120, 24 وقد يجب = *οὕτως δὲ δεῖ*

3) II, 5 S. 107, 4 = Pappus 1124, 21 وقد يمكننا = ἔξεστιν δὲ

4) II, 5 S. 109, 8 = Pappus 1126, 18 وقد يمكننا = ἔξεστιν δὲ.

Aus diesen Stellen läſst sich durchaus nichts für eine etwaige Erklärung dieser seltsamen Erscheinung entnehmen. Daſs δὲ nicht durch قد übersetzt sein kann, ist klar, da diesem wohl das و entsprechen dürfte. Es müssen also zunächst andere Beispiele für diese (und einige andere) Eigentümlichkeiten etwa aus anderen Übersetzungen des Kosta ben Luka beigebracht werden, ehe man sich an eine Erklärung heranwagt.

# DIE MECHANIK.

---

# DIE MECHANIK
# DES HERON VON ALEXANDRIA.

## ERSTES BUCH.

**1** Wir wollen eine bekannte Last mittels einer bekannten Kraft durch den Mechanismus von Zahnrädern bewegen.

Zu diesem Zwecke macht man ein Gestell, ähnlich einer Kiste, in deren längsten, parallelen Wänden parallele Achsen ruhen, in einem so bemessenen Abstand, dafs die Zähne der einen in die Zähne der anderen eingreifen, wie wir gleich auseinandersetzen werden.

Es sei dieses Gestell eine Kiste, bezeichnet mit $\alpha\beta\gamma\delta$, darin ruhe eine leicht bewegliche Achse, bezeichnet $\varepsilon\zeta$,

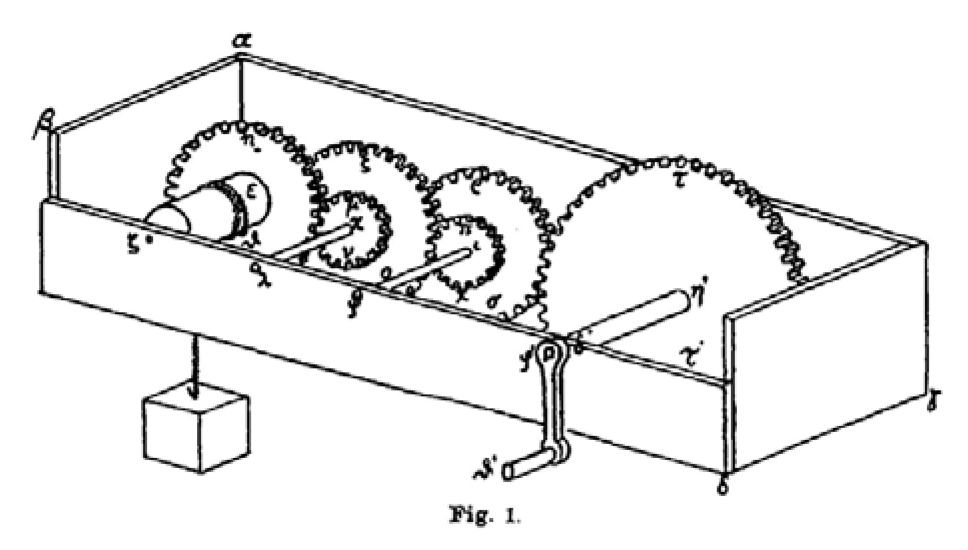


Fig. 1.

auf der ein Zahnrad, das Rad $\eta\vartheta$, befestigt sei. Sein Durchmesser betrage beispielshalber das Fünffache des

بسم الله الرحمن الرحيم ربّ يسّر برحمتك

المقالة الاولى من كتاب ايرن فى رفع الاشياء الثقيلة
امر باخراجه من اللغة اليونانيّة الى اللغة العربيّة
ابو العباس احمد بن المعتصم وتولّى ترجمته قسطا[1]
ابن لوقا البعلبكّى 5

[ا] نريد ان نحرّك الثقل المعلوم بالقوّة المعلومة بتراكيب فلك ذات اسنان فيعمل[2] شكل ثابت شبيه بالصندوق وليكن فى حيطانه الطوال المتوازية محاور متوازية ويكون بعدها بالقدر الذى تتراكب الاسنان التى لاحدها[3] فى الاسنان التى للآخر كما سنبيّن فليكن 10
هذا الشكل صندوق عليه[4] ا ب ج د وليكن فيه محور موضوع تكون حركته سلسة وهو ه ز ولتكن عليه فلكة مسنّنة ثابتة عليه وهى فلكة ح ط وليكن مثلًا قطرها خمسة امثال قطر محور ه ز ولان يكون عملنا ممثّلًا نصيّر الثقل الذى نريد ان نجرّه الف قنطار والقوّة المحرّكة[5] خمسة قناطير 15

1) K قسطنطين 2) K add. كل 3) L احدهما 4) L om.
5) K add. له

Durchmessers der Achse $\varepsilon\zeta$. Um aber unsere Konstruktion durch ein Beispiel zu erläutern, mögen wir als die zu ziehende Last tausend Talente annehmen, und als bewegende Kraft fünf Talente, nämlich den Mann oder den Knaben, der allein, ohne Maschine, fünf Talente bewegen kann. Wenn wir nun die an der Last befestigten Seile durch ein Loch in der Wand $\alpha\beta$ einführen, sodafs sie sich auf der Achse $\varepsilon\zeta$ aufrollen, so wird sich durch die Umdrehung des Zahnrades $\eta\vartheta$ und durch das Aufrollen der Seile die Last bewegen lassen. Damit sich aber das Zahnrad $\eta\vartheta$ bewege, braucht man zweihundert Talente an Kraft, weil der Durchmesser des Zahnrades das Fünffache des Durchmessers der Achse ist, nach unserer Annahme — das ist in den Beweisen zu den fünf einfachen Potenzen dargethan worden. — Wir haben aber keine Kraft von 200 Talenten, da die von uns angenommene Kraft fünf Talente beträgt; also wird sich das Zahnrad nicht bewegen lassen. Konstruieren wir nun eine andere Achse, parallel der Achse $\varepsilon\zeta$, nämlich die Achse $\varkappa\lambda$, und sei darauf ein Zahnrad, nämlich das Rad $\mu\nu$, befestigt; habe ferner das Rad $\eta\vartheta$ ebenfalls Zähne, die in die Zähne des Rades $\mu\nu$ eingreifen, und sei auf der Achse $\varkappa\lambda$ ein anderes Rad befestigt, nämlich $\xi o$, dessen Durchmesser das Fünffache des Durchmessers von $\mu\nu$ ist, so bedarf man, um die Last durch das Rad $\xi o$ zu bewegen, 40 Talente an Kraft, weil der fünfte Teil von 200 Talenten 40 Talente sind. Lassen wir weiter in das Rad $\xi o$ ein anderes Rad, nämlich das Rad $\pi\chi$, das auf einer andern Achse, nämlich der Achse $\varphi\iota$ festsitzt, eingreifen, sei ferner auf dieser Achse ein andres Zahnrad befestigt, dessen Durchmesser das Fünffache des Durchmessers von $\pi\chi$ ist, nämlich das Rad $\varrho\sigma$,

---

1) LC فاذا كان  2) Codd. فان يدور  3) K add. لان القوّة المفروضة لنا خمسة قناطير  4) CK الى  5) LC add. ثابتة على محور ى ص

اعنى[1] الرجل المحرّك او الصبى الذى يمكنه ان يحرّك
بنفسه بلا حيلة خمسة قناطير فاذا ادخلنا القلوس
المشدودة فى الحمل من ثقب ما فى حائط اب حتى تلتف
على محور هز فانّه يدور[2] فلكة حط وبالتفاف القلوس يتحرّك
الحمل ولان تتحرّك فلكة حط يحتاج من القوّة الى مائتى 5
قنطار لان قطر الفلكة خمسة امثال قطر المحور على ما
فرضناه وذلك قد تبيّن فى براهين الخمس قوى ولكن ليس
لنا قوة مائتى قنطار[3] فاذًا الفلكة لاتتحرك فنعمل محورًا
آخر موازيا لمحور هز وهو محور كل ولتكن عليه فلكة
ثابتة ذات اسنان وهى فلكة من ولتكن فلكة حط ايضا 10
ذات اسنان تتراكب على اسنان فلكة من ولتكن على محور
كل فلكة اخرى ثابتة وهى سع يكون قطرها خمسة امثال
قطر من فيحتاج من القوّة فى[4] ان نحرّك الثقل بفلكة
سع الى اربعين قنطارا لانّ خمس المائتى قنطار اربعون
قنطارا وايضا نركّب على فلكة سع فلكة اخرى وهى فلكة 15
فق ثابتة على محور آخر وهو محور يص ولتكن على
هذا المحور فلكة اخرى ثابتة عليه يكون قطرها خمسة امثال
قطر فلكة فق[5] وهى فلكة رش فتكون القوّة التى تحرّك
الثقل عند علامة رش ثمانية قناطير ولكن القوّة المفروضة
لنا انّما هى قوة خمسة قناطير فلنركب فلكة اخرى 20
ذات اسنان وهى فلكة تث وليكن قطرها مثلى قطر فلكة

so wird die Kraft, welche die Last bei dem Zeichen $\varrho\sigma$ bewegt, 8 Talente sein; die von uns angenommene Kraft ist aber nur fünf Talente.

Richten wir also ein andres Zahnrad, nämlich das Rad $\tau\tau'$ ein, dessen Durchmesser das Doppelte des Durchmessers vom Rade $\varrho\sigma$ sei, und sei es auf einer anderen Achse, der Achse $\eta'\delta'$ befestigt, so benötigt das Rad $\tau\tau'$ an Kraft vier Talente, sodafs bei dieser Kraft ein Überschufs von einem Talente vorhanden ist, dessen man sich zur Überwindung des Widerstandes der Räder, der etwa eintritt, bedient. Aus unserer Darlegung erhellt: Wenn der Bewegende das Rad $\tau\tau'$ in Bewegung setzt, dreht sich die Achse $\eta'\delta'$ und durch ihr Umdrehen dreht sich das Rad $\varrho\sigma$; deshalb dreht sich die Achse $\varphi\iota$ und es dreht sich das Rad $\pi\chi$; zugleich damit dreht sich das Rad $\xi o$ und die Achse $\varkappa\lambda$; deshalb dreht sich das Rad $\mu\nu$ und das Rad $\mu\nu$ versetzt das Rad $\eta\vartheta$ in Umdrehung, weshalb sich auch die Achse $\varepsilon\zeta$ dreht, die Seile sich um die Achse aufwickeln und die Last sich hebt. Wir haben also durch eine Kraft von fünf Talenten eine Last im Betrage von 1000 Talenten gehoben, mittels des eben beschriebenen Mechanismus. q. e. d.

2 Von den Rädern. Die auf einer Achse befestigten Räder bewegen sich immer nach einer Seite, nämlich nach der Seite, nach der sich die Achse bewegt. Die Räder, die auf zwei Achsen sitzen, und mit Zähnen ineinandergreifen, bewegen sich nach zwei verschiedenen Richtungen, sodafs das eine nach der rechten, das andre nach der linken Seite geht. Sind die beiden Räder gleich, so entspricht eine Umdrehung des einen davon nach rechts völlig einer Umdrehung des andern nach links; sind sie aber ungleich, sodafs das eine gröfser ist als das andre,

1) CL om. 2) CK om. 3) L om. 4) CL om.
5) Codd. ولان

رش *وتكون ثابتة على محور اخر وهو محور ح د[1] فتكون
فلكة ت ث تحتاج من القوّة الى اربعة قناطير والقوّة المفروضة
لنا خمسة قناطير فتكون في هذه القوّة زيادة قنطار
يستظهر به لما عسى ان يعرض من عسر الفلك ⊙ فقد
تبيّن ممّا وصفنا ان المحرك اذا حرك فلكة ت ث دار محور 5
ح د ودار بدورانه فلكة رش ودار لذلك محور ى ص
فدارت فلكة ف ق ودارت فلكة س ع معها ودار لذلك
محور ك ل ودارت فلكة م ن وادارت فلكة ح ط ودار لذلك
محور ه ز فالتفّت الفلوس على المحور وارتفع الثقل فقد
رفعنا بقوّة خمسة قناطير ثقلاً مبلغه الف قنطار بهذه 10
الحيلة التي وصفناها وذلك ما اردنا ان نبيّن ⊙ *حاشية
ينبغي ان يخرج محور د ح الى ض ويقام عليه عمود ض ظ
مساويا لنصف قطر فلكة ت ث او اكثر منه[2] والله اعلم[3] ⊙

[٢] *في الدوائر[4] انّ[5] الدوائر الثابتة على محور
واحد تكون حركتها ابدًا الى جهة واحدة وهي الجهة التي 15
يتحرّك اليها المحور والدوائر التي تكون على محورين
ويتراكب بعضها في بعض بدندانجات تكون حركتها الى
جهتين مختلفتين فتكون احداهما الى ناحية اليمين
والاخرى الى ناحية الشمال واذا كانت الدائرتان متساويتين
استوفت دورة احداهما الى اليمين دورة الاخرى الى 20
اليسار واذا كانتا غير متساويتين فكانت احداهما

so geht das kleinere öfter herum, bis das gröſsere sich einmal dreht, nach Maſsgabe der Gröſse, die sie besitzen.

3 Nachdem dies nun in dieser Einleitung klargelegt ist, mögen wir zwei gleiche Kreise, nämlich $\eta\varepsilon\varkappa\delta$ und $\zeta\gamma\vartheta\varepsilon$, um ihre Mittelpunkte $\alpha$, $\beta$ drehen, während sie sich im 5 Punkte $\varepsilon$ berühren. Wenn sie sich nun vom Punkte $\varepsilon$ aus in derselben Zeit um den Betrag ihrer Hälfte bewegen, so durchläuft in dieser Zeit der Punkt $\varepsilon$ den Bogen $\varepsilon\eta\delta$ und gelangt zu dem Punkte $\delta$, indem er sich bewegt wie der Punkt $\gamma$ auf dem Bogen $\gamma\vartheta\varepsilon$. Dann kann es vor- 10

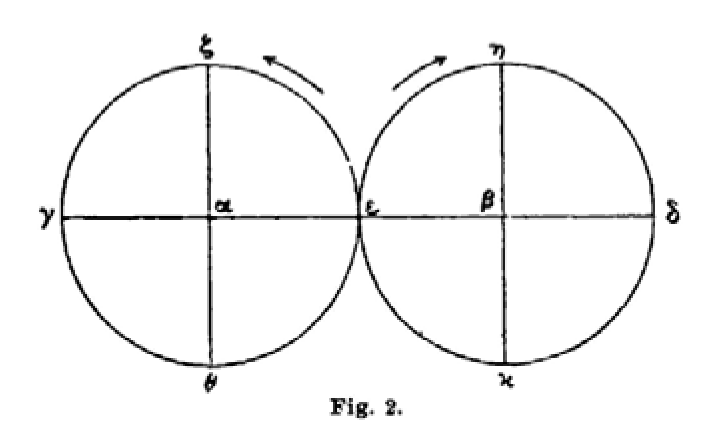


Fig. 2.

kommen, daſs Punkte sich in derselben Richtung bewegen und vorkommen, daſs sie sich gegensätzlich bewegen. Die auf derselben Seite liegenden bewegen sich gegensätzlich, die einander entgegengesetzten bewegen sich nach derselben Richtung. Es kann aber vorkommen, daſs Punkte, die 15 als in entgegengesetzter Bewegung befindlich bezeichnet werden, nach derselben Richtung gehen (beide nach oben, oder beide nach unten). Denn, wenn Punkte sich bewegen, und ihre Bewegung von einem Punkte, nämlich dem Punkte $\varepsilon$, ausgeht, und wir zwei Linien $\zeta\alpha\vartheta$ und 20 $\eta\beta\varkappa$ senkrecht auf der Linie $\gamma\delta$ denken, so ist die Bewegung auf dem Bogen $\varepsilon\zeta$ das Gegenteil der Bewegung auf dem Bogen $\varepsilon\eta$, da die eine nach der rechten, die andre nach der linken Seite geht. Die Bewegung kann

اعظم من الاخرى دارت الصغرى مرّات الى ان تدور الكبرى
مرّة على حسب ما فيهما(1 من العظم ⊙

[٣] فاذ قد بان ذلك فى هذه المقدّمة فلندر دائرتين
متساويتين اولاهما ح ه ك د والثانية ز ح ط ه على مركزى اب
وتتماسّان على نقطة ه فاذا تحرّكتا من نقطة ه فى زمان 5
واحد مقدار النصف منهما ففى ذلك الزمان علامة ه
تجوز قوس ه ح د وتصير الى علامة د متحرّكة مثل حركة
علامة ح *على قوس ح ط ه(2 فاذًا قد يمكن ان تتحرّك
علامات ما فى جهة واحدة ويمكن ان تتحرك بالتضادّ
أمّا ما يكون منها فى جهة واحدة فيتحرك بالتضادّ واما 10
ما يكون(3 منها نظائر ففى جهة واحدة وقد يمكن ان
يكون ما يقال له انّه يتحرك بالتضادّ(4 يتحرك فى جهة(5
واحدة لان العلامات ان تحرّكت وكانت حركتها من
علامة واحدة وهى علامة ه وتوهّمنا خطّى زاط حبك
قائمين على خط ح د تكون الحركة التى على قوس ه ز 15
ضدّ الحركة التى(6 على قوس ه ح لانّ احداهما تتحرك
الى الجهة اليمنى والاخرى الى اليسرى وقد يمكن ان
تكون الحركة فى جهة واحدة اذا توهّمنا بعد العلامات

1) Codd. فيها 2) CL om. 3) LC كان 4) K add. ان
LC add. انّه 5) LK من جهة C من علامة 6) LC add. هى

auch nach derselben Richtung hin stattfinden, wenn wir uns die Entfernung der Punkte gleichweit bleibend von $\zeta\eta$ (Text $\zeta\varkappa$) denken. Ebenso wenn die Bewegung auf dem Bogen $\zeta\gamma$ und $\eta\delta$ nach $\gamma$ und $\delta$ hin gleichmäfsig geschieht. Dasselbe müssen wir auch für die Bogen $\gamma\vartheta, \delta\varkappa$ 5 und für die Bogen $\vartheta\varepsilon$ und $\varkappa\varepsilon$ annehmen.

Weiter behaupten wir, dafs sie sich in derselben Richtung bewegen können. Wir behaupten nämlich, dafs die Punkte $\delta\varepsilon$ sich in derselben Richtung (diesmal nach links) bewegen, wenn der Punkt $\varepsilon$ sich auf dem Bogen $\varepsilon\zeta\gamma$ und 10 der Punkt $\delta$ sich auf dem Bogen $\delta\varkappa\varepsilon$ bewegt, und sowohl ihre Entfernung von den Punkten $\zeta, \varkappa$, als auch ihre Annäherung an dieselben sich gleich bleibt, sodafs doch die Bewegung die gegensätzliche heifst (weil $\varepsilon$ nach oben, dann nach unten, $\delta$ nach unten, dann nach oben geht). 15 Deshalb ist das Gleiche und das Gegensätzliche nur etwas Accessorisches, und man mufs bei jeder Bewegung die gleichartige und die entgegengesetzte auseinanderhalten. Diese unsere Auseinandersetzung mufs bei den gleichen Kreisen beachtet werden. Was die verschiedenen Kreise angeht, 20 so werden wir es hiernach darlegen.

4 Über die verschiedenen Kreise. Seien nun die Kreise nicht gleich; und mögen ihre Mittelpunkte auf den beiden Punkten $\alpha$ und $\beta$ liegen; sei ferner der gröfsere der beiden Kreise derjenige, dessen Mittelpunkt auf dem Punkte $\alpha$ 25 liegt, so wird bei diesen Kreisen die Ordnung nicht vollkommen sein wie bei den gleichen Kreisen. Nehmen wir nun zwei Punkte an, die wir von dem Punkte $\varepsilon$ aus umlaufen lassen und machen wir, um ein Beispiel dafür zu bieten, den Durchmesser $\gamma\varepsilon$ doppelt so grofs als den Durch- 30 messer $\varepsilon\delta$, so wird der Bogen $\varepsilon\zeta\gamma$ das Doppelte des Bogens $\varepsilon\eta\delta$ sein, denn das hat bereits Archimedes bewiesen. Dann wird in derselben Zeit, in der der Punkt $\varepsilon$ in seiner Bewegung nach $\gamma$ hin, den Bogen $\varepsilon\zeta$ durchläuft, der Punkt $\varepsilon$ in entgegengesetzter Bewegung den Bogen $\varepsilon\eta\delta$ durch- 35 laufen. Ferner wird in derselben Zeit, in der der Punkt $\varepsilon$, bei $\zeta$ beginnend, den Bogen $\zeta\gamma$ durchläuft, der Punkt $\varepsilon$,

متساويا عن زح(1) وايضا اذا كانت الحركة على قوسى زج حد الى حد كانت(2 متساوية وهذا مما(3 ينبغى ان نتوهّمه على قوسى حط دك وعلى قوسى طه كه وايضا نقول انّه يمكن ان تتحرّك فى جهة واحدة فنقول ان علامتى ده تتحرك فى جهة واحدة اذا كانت علامة ه تتحرك على 5
قوس هزج وعلامة د على قوس دكه وكان بعدهما من علامتى زك متساويا وقربهما منهما متساويا فهذه الحركة تسمى المتضادّة فلذلك صار المتضادّ والمماثل من المضاف فينبغى ان تميّز فى كلّ حركة الحركة التى تماثل والتى تضادّ وقولنا هذا(4 ينبغى ان نتوهّم فى الدوائر المتساوية فامّا 10
فى الدوائر المختلفة ففيما بعد هذا نبيّنه(5 ⊙

[٤] (6 فلتكن الدوائر غير متساوية ولتكن مراكزها على علامتى اب وليكن اعظم الدائرتين الدائرة التى مركزها على علامة آ ففى هذه الدوائر لا يتمّ الترتيب الذى فى الدوائر المتساوية فلنفرض علامتين ندرهما من علامة 15
ه ولان نمثل ذلك نصيّر قطر حه ضعف قطر هد فاذًا يكون قوس هزج ضعف قوس هحد فانّ ذلك قد برهنه ارشميدس فاذًا فى الزمان الذى تجوز فيه علامة ه قوس هز متحرّكة

---

1) Codd. زك   2) Codd. om.   3) CL om.   4) L om.
5) LC فما بعد هذا   6) B incipit. K add. فى الدوائر المختلفة

bei $\delta$ beginnend, den Bogen $\delta\varkappa\varepsilon$ durchlaufen und zum Punkte $\varepsilon$ gelangen. So wird der Punkt, der den Bogen $\varepsilon\eta\delta\varkappa\varepsilon$ durchläuft, einmal die entgegengesetzte Bewegung

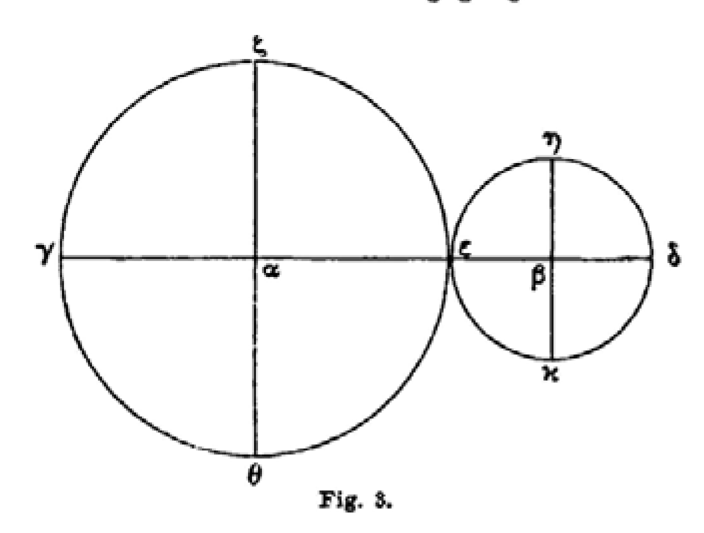



Fig. 3.

des Punktes, der den Bogen $\varepsilon\zeta\gamma$ durchläuft, machen, das andre Mal ihm gleichen. Ferner durchläuft in derselben Zeit, in welcher der Punkt $\gamma$ den Bogen $\gamma\vartheta\varepsilon$ durchläuft, der Punkt $\varepsilon$ den Bogen $\varepsilon\eta\delta\varkappa\varepsilon$ teils in gleicher Richtung mit $\gamma$, teils in entgegengesetzter.

Wenn nun der eine Bogen dreimal so grofs ist, als der andre, oder in sonst einem Verhältnis dazu steht, so werden wir zeigen, dafs die bewegten Punkte sich teils in derselben, teils in entgegengesetzter Richtung bewegen.

Wenn wir uns einen dritten Kreis angelegt denken, der den Kreis mit dem Mittelpunkte $\beta$ berührt, so beweisen wir von dem dritten Kreise, was wir vom ersten erwähnt haben. Denn wenn der erste Kreis sich in einer dem zweiten entgegengesetzten Bewegung befindet, der zweite

---

1) Codd. om. 2) LCK علامة 3) B om. 4) K add. محيط 5) LCK om. 6) B om. 7) B om. 8) LK وان 9) K om. 10) LBC حركة

في جهة ج في ذلك الزمان تجوز علامة ه قوس ه ح د وهي متحرّكة حركة[1] متضادّة وايضا في الزمان الذي تبتدى فيه علامة ه من *ز فتجوز قوس[2] ز ج في ذلك الزمان تبتدى علامة ه من د[3] فتجوز قوس د ك ه وتصير الى علامة ه فتكون العلامة التي تجوز على قوس[4] ه ح د ك ه مرّة تضادّ 5 حركة العلامة التي تجوز على قوس ه ز ج ومرّة تكون مماثلة لها وايضا في[5] الزمان الذي تجوز فيه علامة ج قوس ج ط ه فيه تجوز علامة ه قوس ه ح د ك ه مرّة في[6] جهة ج ومرّة مضادّة لها ⊙ فان كانت القوس ثلثة امثال القوس او في نسبة اخرى ايّ[7] نسبة كانت فانّنا نبيّن ان العلامات 10 المتحركة مرّة تتحرك في جهة واحدة ومرّة تتحرك في جهات متضادّة والله الموفق ⊙

[٥] فان[8] توهّمنا دائرة موضوعة تماسّ الدائرة التي مركزها علامة ب على علامة ل[9] فانّا نبيّن ما ذكرنا في الدائرة الاولى في الدائرة الثالثة لانّه اذا كانت الدائرة الاولى تتحرّك 15 حركة تضادّ الدائرة الثانية وكانت الدائرة الثانية تتحرك حركة تضادّ الدائرة الثالثة فانّ حركة الدائرة الاولى تكون مماثلة لحركة[10] الدائرة الثالثة فان تحرك شيء ما حركة مماثلة لحركة شيء آخر وكانت تلك تتحرّك حركة متضادّة لحركة اشياء اخر فان الاولى تتحرّك حركة مضادّة لحركة 20 الاشياء الثالثة ⊙ فان كانت ايضا دائرة رابعة بيّنّا ذلك

Kreis aber die dem dritten entgegengesetzte Bewegung macht, so ist die Bewegung des ersten Kreises derjenigen des dritten gleich. Wenn sich nämlich etwas in gleichartiger Bewegung mit etwas Anderem befindet, dieses aber eine etwas Drittem entgegengesetzte Bewegung macht, so befindet sich das Erste in einer dem Dritten entgegengesetzten Bewegung.

Wenn ferner ein vierter Kreis vorhanden ist, so verfahren wir dabei nach derselben Methode. Überhaupt wird das, was sich bei den drei Kreisen zeigt, bei allen Kreisen eintreten, deren Anzahl ungerade ist, und was bei den zwei Kreisen der Fall ist, findet bei allen Kreisen statt, deren Anzahl gerade ist.

Doch sieht man nicht allein bei zwei und mehr Kreisen, daſs die Bewegung bald gleichartig, bald entgegengesetzt ist, sondern bei einem Kreise sieht man, daſs derselbe Punkt sich bald nach einer Richtung, bald nach der derselben entgegengesetzten hinbewegt. Denn wenn der bewegte Punkt bei irgend einem Punkte seine Bewegung beginnt, hört er nicht auf sich in derselben Richtung zu bewegen, bis er einen Halbkreis durchlaufen hat; wenn er nun den zweiten Halbkreis durchläuft, so bewegt er sich in der jener entgegengesetzten Richtung.

6 Ferner sind nicht immer die groſsen Kreise schneller beweglich als die kleinen, sondern manchmal sind auch die kleineren schneller als die gröſseren. Denn wenn die Kreise auf *einer* Achse befestigt sind, so bewegen sich die gröſseren schneller als die kleineren. Wenn dagegen die Kreise von einander entfernt, aber an demselben Körper sind, nämlich nicht auf derselben Achse, wie es bei den Wagen mit vielen Rädern vorkommt, so bewegen sich die kleinen Kreise schneller als die groſsen, weil ihre Fortbewegung eine und dieselbe ist, und in derselben Zeit jeder von ihnen sich (um gleichviel weiter-)bewegt; daher muſs der kleinere Kreis mehrere Umdrehungen machen, bis der groſse eine macht, sodaſs deshalb der kleinere in schnellerer Bewegung ist.

ايضا على هذا وبالجملة ان الذى يعرض فى الثلاث الدوائر
هو يعرض فى كل الدوائر التى جملتها افراد والذى يعرض
فى الدائرتين هو يعرض فى كل الدوائر التى جملتها ازواج ⊙
وقد ترى الحركة تكون مرّة مماثلة ومرّة مضادّة ليس فى
دائرتين واكثر منهما فقط لكن فى الدائرة الواحدة قد ترى 5
العلامة الواحدة مرّة تتحرك فى جهة ما ومرّة تتحرك فى
ضد تلك الجهة فانّ تلك العلامة المتحركة اذا ابتدات
بالحركة من علامة ما لا تزال تتحرك فى جهة واحدة الى ان
تجوز نصف دائرة فامّا اذا جازت قوس نصف الدائرة
الثانى[1] فانها تتحرّك حركة مضادّة لتلك الحركة ⊙ 10

[٩] وايضا ليس تكون الدوائر العظام ابدًا اسرع حركة
من الدوائر الصغار لكن قد تكون ايضا الدوائر الصغار اسرع
من الكبار لانّه اذا كانت الدوائر[2] على مركز واحد ثابتة
عليه فانّ الدوائر الكبار تتحرك اسرع من الصغار فان كانت
الدوائر متباعدة وكانت فى جسم واحد اعنى على غير[3] 15
محور واحد كما قد يكون فى العجل الكثيرة الفلك فان
الدوائر الصغار تتحرّك اسرع من الدوائر الكبار لانّ حركتها
واحدة وفى الزمان الواحد كل واحدة منها تتحرّك فتحتاج
الدائرة الصغرى ان تدور دورات كثيرة الى ان تدور الكبيرة
دورة واحدة فلذلك صارت الصغرى اسرع حركة ⊙ 20

---

1) K الباقى 2) B add. الصغار 3) BCK om. L in marg

7 Manchmal kann aber auch die Bewegung des kleineren und des größseren Kreises gleichschnell sein, selbst wenn die Kreise auf demselben Mittelpunkte festsitzen und sich um denselben drehen. Denken wir uns zwei Kreise auf demselben Mittelpunkt $\alpha$ befestigt, und sei eine Tangente 5

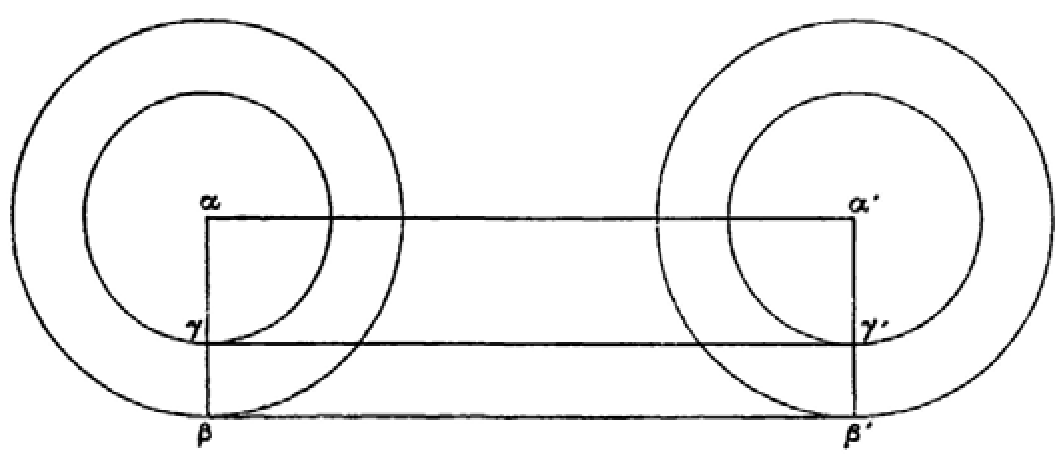


Fig. 4.

des größseren Kreises, nämlich die Linie $\beta\beta'$ gegeben. Verbinden wir ferner die Punkte $\alpha, \beta$, so steht die Linie $\alpha\beta$ senkrecht auf der Linie $\beta\beta'$, und die Linie $\beta\beta'$ ist parallel der Linie $\gamma\gamma'$; dann ist die Linie $\gamma\gamma'$ eine Tangente des kleineren Kreises. Ziehen wir ferner durch 10 den Punkt $\alpha$ eine Linie, die diesen Linien parallel ist, nämlich die Linie $\alpha\alpha'$, so wird, wenn wir uns den größseren Kreis auf der Linie $\beta\beta'$ rollend denken, der kleinere Kreis rollen, indem er die Linie $\gamma\gamma'$ durchläuft. Wenn nun der größsere Kreis eine Umdrehung gemacht hat, 15 so zeigt es sich uns, daſs auch der kleinere eine Umdrehung gemacht hat, so daſs die Lage der Kreise die Lage derjenigen Kreise ist, deren Mittelpunkt bei $\alpha'$ ist, und die Lage der Linie $\alpha\beta$ diejenige ist, welche die Linie $\alpha'\beta'$ einnimmt. Deshalb ist die Linie $\beta\beta'$ gleich 20 der Linie $\gamma\gamma'$. Die Linie $\beta\beta'$ ist aber die Linie, auf welcher der größsere Kreis rollt, wenn er eine Umdrehung macht, und die Linie $\gamma\gamma'$ ist die Linie, auf welcher sich

[٧] وقد يمكن ان تكون حركة الدائرة الصغرى والكبرى متساوية السرعة وان كانت الدوائر ثابتة متحركة على مركز واحد فلنتوهّم دائرتين ثابتتين على مركز واحد وهو مركز آ وليكن خط ما يماسّ الدائرة الكبرى وهو خط ب ب ولنصل علامتى اب فيكون خط اب قائما على خط ب ب 5 وخط ب ب يوازى خط ج ج فاذًا خط ج ج يماسّ الدائرة الصغرى وايضا فلنخرج على علامة آ خطا يوازى هذه الخطوط وهو خط آ آ فان توهّمنا الدائرة العظمى متدحرجة على خط ب ب فانّ الدائرة الصغرى تتدحرج جائرة على خط ج ج فان كانت الدائرة العظمى قد دارت دورة 10 واحدة يظهر لنا انّ الدائرة الصغرى قد دارت دورة واحدة فيكون وضع الدوائر وضع الدوائر التى مركزها على آ ويكون وضع خط اب الوضع الذى لخط اب فلذلك يكون خط ب ب مساويا لخط ج ج وخط ب ب هو الخط الذى تتدحرج عليه[1] الدائرة العظمى اذا دارت دورة واحدة وخط 15 ج ج هو الخط الذى تلتفّ عليه الدائرة الصغرى اذا دارت دورة واحدة فاذًا الدائرة الصغرى حركتها مساوية السرعة لحركة الدائرة العظمى لان خط ب ب يساوى خط ج ج والاشياء التى تجوز فى الازمان المتساوية ابعادًا متساوية فان حركتها متساوية السرعة[2] ⊙ ولعلّ هذا القول يظنّ 20

1) CBL om. 2) K add. وهى متساوية الحركة

der kleinere Kreis abwickelt, wenn er eine Umdrehung macht; dann ist also die Bewegung des kleineren Kreises gleichschnell mit der des gröſseren, weil die Linie $\beta\beta'$ der Linie $\gamma\gamma'$ gleich ist. Dinge aber, die in gleichen Zeiten gleiche Entfernungen durchlaufen, haben gleiche 5 Geschwindigkeit und gleiche Bewegung.

Man könnte von diesem Satze denken, er sei widersinnig, da es nicht möglich ist, daſs der Umfang des gröſseren Kreises dem Umfang des kleineren gleich sei. Wir behaupten nun, daſs nicht allein der Umfang des 10 kleineren Kreises sich auf der Linie $\gamma\gamma'$ abgerollt hat, sondern daſs der kleinere Kreis den Weg des gröſseren mit durchläuft, so daſs es sich zeigt, daſs der kleinere Kreis durch zwei Bewegungen die gleiche Geschwindigkeit, wie der gröſsere, erreicht; denn, wenn wir uns den gröſseren 15 Kreis rollend denken, den kleineren aber nicht rollend, sondern für sich auf dem Punkte $\gamma$ festsitzend, so wird er in gleicher Zeit die Linie $\gamma\gamma'$ zurücklegen; dann legt der Mittelpunkt $\alpha$ in dieser Zeit die Linie $\alpha\alpha'$ zurück. Diese ist aber gleich den beiden Linien $\beta\beta'$ und $\gamma\gamma'$; dann 20 macht also das Fortschreiten der Abwickelung des kleineren Kreises für die Bewegung nichts aus, und infolge davon ist die Länge der Strecke des gröſseren Kreises dieselbe, um welche sich der kleine Kreis fortbewegt; denn wir sehen, daſs der Mittelpunkt, ohne daſs er rollt, diese 25 Entfernung durchmiſst, dank der Bewegung, in welcher der groſse Kreis sich befindet.

8 Was nun den Fall betrifft, daſs ein Punkt, der sich in zwei Bewegungen von je konstanter Geschwindigkeit bewegt, ungleiche Linien zurücklegen kann, so werden 30 wir das jetzt beweisen. Man nehme ein Rechteck an, nämlich $\alpha\beta\gamma\delta$, und es sei die Linie $\alpha\delta$ eine Diagonale; es laufe ferner der Punkt $\alpha$ in gleichförmiger Bewegung auf der Linie $\alpha\beta$ und die Linie $\alpha\beta$ bewege sich in gleichförmiger Bewegung auf den beiden Linien $\alpha\gamma$, $\beta\delta$, 35 so daſs sie stets der Linie $\gamma\delta$ parallel ist; es sei auch die Zeit, in welcher der Punkt $\alpha$ nach $\beta$ läuft, gleich

به انّه محال لانّه لايمكن ان تكون قوس الدائرة العظمى
مساوية لقوس الدائرة الصغرى فنقول ان قوس الدائرة
الصغرى لم تتدحرج على خط جج فقط لكن الدائرة الصغرى
تجوز مجاز الدائرة الكبرى معًا فيعرض ان تتحرّك الدائرة
الصغرى حركة مساوية السرعة لحركة الدائرة الكبرى بحركتين 5
لانا اذا توهّمنا الدائرة الكبرى متدحرجة والدائرة الصغرى
غير متدحرجة بل ثابتة على علامة ج وحَدها فانّها فى
مثل ذلك الزمان تجوز خطّ جج فاذًا مركز ا فى ذلك الزمان
يجوز خطّ اا وهو مساو لخطّى بب جج فاذًا ليس يقع
فى الحركة تدحرج التفاف الدائرة الصغرى* كثير شىء 10
وعليه طول مسافة الدائرة الكبرى التى تحرك الدائرة
الصغرى(1 فانّا قد نرى المركز وهو لا يتدحرج بتّة يسلك
ذلك البعد بالحركة التى تحرك بها الدائرة العظمى ⊙

[٨] فامّا ان تكون العلامة الواحدة* اذا تحرّكت(2
بحركتين متساويتى السرعة يمكنها ان تجوز خطوطا غير 15
متساوية فانّا الآن نبيّن ذلك فليفرض سطح مربع متوازى
الاضلاع قائم الزوايا وهو سطح ابجد وليكن قطره خط
اد ولتكن علامة ا جائرة مجازا معتدلا على خط اب
وليكن خط اب متحرّكًا على خطّى اج بد حركة معتدلة
ليكون ابدًا موازيا لخط جد وليكن الزمان الذى يجوز 20

1) L om. 2) BCL om.

der Zeit, in welcher die Linie $\alpha\beta$ nach $\gamma\delta$ gelangt; so behaupte ich, dafs der Punkt $\alpha$ in einer gewissen Zeit zwei ungleiche Linien zurücklegt. Beweis dafür: Wenn sich die Linie $\alpha\beta$ eine gewisse Zeit bewegt, und ihr Platz auf die Linie $\varepsilon\zeta$ fällt, so kommt der auf der Linie 5 $\alpha\beta$ bewegte Punkt in derselben Zeit auf die Linie $\varepsilon\zeta$

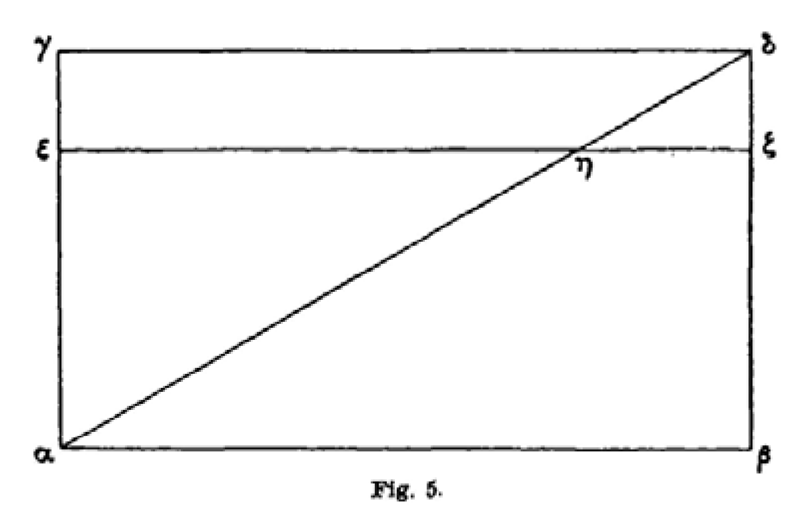


Fig. 5.

zu liegen und es tritt ein konstantes Verhältnis ein. Das Verhältnis der Linie $\alpha\gamma$ zur Linie $\alpha\beta$ d. i. zur Linie $\gamma\delta$ ist nämlich gleich dem Verhältnis der Linie $\alpha\varepsilon$ zu der Linie, die zwischen dem Punkt $\varepsilon$ und dem auf ihr be- 10 wegten Punkte liegt. Die Linie $\alpha\gamma$ verhält sich aber zur Linie $\gamma\delta$ wie $\alpha\varepsilon$ zu $\varepsilon\eta$. Dann fällt also der auf der Linie $\alpha\beta$ bewegte Punkt nach $\eta$ auf die Linie $\alpha\delta$, welche die Diagonale ist. Ähnlich beweisen wir, dafs der die Linie $\alpha\beta$ durchlaufende Punkt immer auf der 15 Linie $\alpha\delta$ weiterrückt, und sich in derselben Zeit auf den Linien $\alpha\delta$ und $\alpha\beta$ bewegt. Die beiden Linien $\alpha\delta$ und $\alpha\beta$ sind aber verschieden, also legt der in gleichförmiger Bewegung fortschreitende Punkt in derselben Zeit ungleiche Linien zurück. Indessen ist, wie gesagt, 20 die Bewegung des Punktes auf der Linie $\alpha\beta$ einfach, seine Bewegung auf der Diagonale $\alpha\delta$ aber zusammengesetzt aus der Bewegung von $\alpha\beta$ auf den beiden Linien

فيه نقطة آ الى بَ مساويا للزمان الذى يجوز فيه خط
اب الى جد فاقول انّ علامة آ فى الزمان الواحد تتحرك
على خطين غير متساويين برهان ذلك انّه اذا تحرك خط
اب فى زمان ما فصار موضعه على خط هز فانّ علامة آ
المتحركة على خط اب تكون فى ذلك الزمان على خطّ هز 5
فتكون نسبة واحدة نسبة خط اج الى خطّ اب اعنى الى
خط جد كنسبة خطّ اه الى الخط الذى من علامة ه الى
العلامة المتحرّكة عليه ولخطّ اج الى خط جد نسبة هى
نسبة اه الى هح فاذًا العلامة المتحرّكة على* خط اب
تصير عند ح على خط اد الذى هو القطر وبمثل ذلك يتبيّن 10
ان العلامة[1] التى تجوز على خط اب هى ابدًا جائرة
على خطّ اد وفى ذلك الزمان تتحرّك على كل واحد من
خطّى اد اب وخطا اد اب مختلفان فاذا العلامة المتحرّكة
حركة معتدلة فى الزمان الواحد تجوز على خطين غير
متساويين ولكن كما قلنا حركة العلامة على خط اب 15
مبسوطة وحركتها التى على قطر اد مؤلّفة من حركة اب
على خطّى اج بد ومن حركة آ على خط اب فاذًا علامة آ
فى الزمان الواحد بالحركة المعتدلة تجوز على خطّين
غير متساويين وذلك ما اردنا ان نبيّن ⊙

1) B om.

$\alpha\gamma$ und $\beta\delta$ und aus der Bewegung von $\alpha$ auf der Linie $\alpha\beta$. Es legt also der eine Punkt $\alpha$ in gleichförmiger Bewegung zwei ungleiche Linien zurück. q. e. d.

**9** Wie man nun ebene oder körperliche Figuren nach einem bestimmten Verhältnis vergrößert oder verkleinert, 5 das wollen wir jetzt darlegen, um z. B. eine Elle an körperlichen oder ebenen Figuren nach demselben Verhältnis vergrößern zu können. Handeln wir zunächst von den ebenen Figuren. Nehmen wir also irgend eine der Art nach bestimmte Linie an. Nun wollen wir eine 10 solche Linie finden, daß die über den beiden Linien beschriebenen ähnlichen Figuren in einem Verhältnis zu einander stehen, welches dem bekannten Verhältnis gleich ist. Die bekannte Linie stehe zu einer anderen in einem bekannten Verhältnis, und nehmen wir zwischen den beiden 15 bekannten Linien die mittlere Proportionale an*), so ist diese die gesuchte Linie; denn wenn die Linien unter einander proportional sind, so ist das Verhältnis der ersten zur dritten gleich dem Verhältnis der über der ersten und zweiten nach der Ähnlichkeit beschriebenen, ähnlichen 20 Figuren.

**10** Nun wollen wir aber eine Linie finden, so daß die nach der Ähnlichkeit beschriebenen ähnlichen, körperlichen Figuren über den beiden Linien in einem bestimmten Verhältnis zu einander stehen. Es sei also eine Linie ge- 25 geben, die mit einer andern Linie ein bestimmtes Verhältnis bildet. Nehmen wir nun zwischen den beiden Linien zwei andere Linien in fortlaufender Proportion an, so ist das Verhältnis der ersten zur vierten gleich dem Verhältnis jeder über der ersten konstruierten körperlichen Figur zu 30 dem über der zweiten nach der Ähnlichkeit beschriebenen, ähnlichen körperlichen Gebilde.

*) wörtlich: das Verhältnis einer anderen Linie.

1) K فى 2) K به 3) K ولنفرض 4) K نسبة متصلة

[٩] فاما كيف نريد على[1] الاشكال البسيطة والمجسمة وكيف ننقص منها على النسبة المعلومة فانّا الآن نخبّر بذلك[2] ليمكنّا ان نريد فى الذراع مثلاً فى الاشكال المجسّمة والبسيطة على نسبة واحدة واوّل ذلك فى الاشكال البسيطة فلنفرض خطّا ما معلوم النوع فنريد ان 5
نجد خطّا آخر يكون الشكلين المرسومين على الخطّين المتشابهين لاحدهما الى الاخر نسبة مثل النسبة المعلومة فليكن للخطّ المعلوم الى خط آخر نسبة مملومة ولنفرض بين الخطين المعلومين نسبة خطّ آخر وهو الخط المطلوب لانّه اذا كانت ثلثة خطوط متناسبة تكون مثل نسبة 10
الاول الى الثالث كذلك نسبة صورة الاول الى صورة الثانى المتشابهة المخطوطة بالتشابه ⊙

[١٠] ولكن هنا نريد ان نجد خطّا آجر تكون الاشكال المجسّمة التى من خطين المتشا بهة المرسومة بالتشابه لبعضها الى بعض نسبة معلومة فليكن خطّ ما له 15
الى خطّ اخر نسبة ما معلومة ونفرض[3] بين هذين الخطّين خطّين آخرين فى النسبة المتّصلة[4] فاذا فعلنا ذلك فحصنا عن مطلوبنا لانّه اذا كانت اربعة خطوط فى نسبة متّصلة تكون مثل نسبة الاول الى الرابع كذلك نسبة الصورة المجسمة التى من الخط الاول الى الشكل المجسم الذى 20
من الخطّ الثانى المتشابه المخطوط على المشابهة ⊙

11 Wie man aber zwei mittlere Proportionalen zu zwei gegebenen Linien findet, wollen wir jetzt darthun mit Hilfe eines Instrumentes, wobei wir keine körperlichen Figuren nötig haben, und wollen dafür die leichteste Methode angeben. 5

Es seien die beiden gegebenen Linien die Linien $\alpha\beta$ und $\beta\gamma$; die eine stehe senkrecht auf der anderen, und beide seien die Linien, zu denen wir die beiden mittleren Proportionalen finden wollen. Vollenden wir nun das

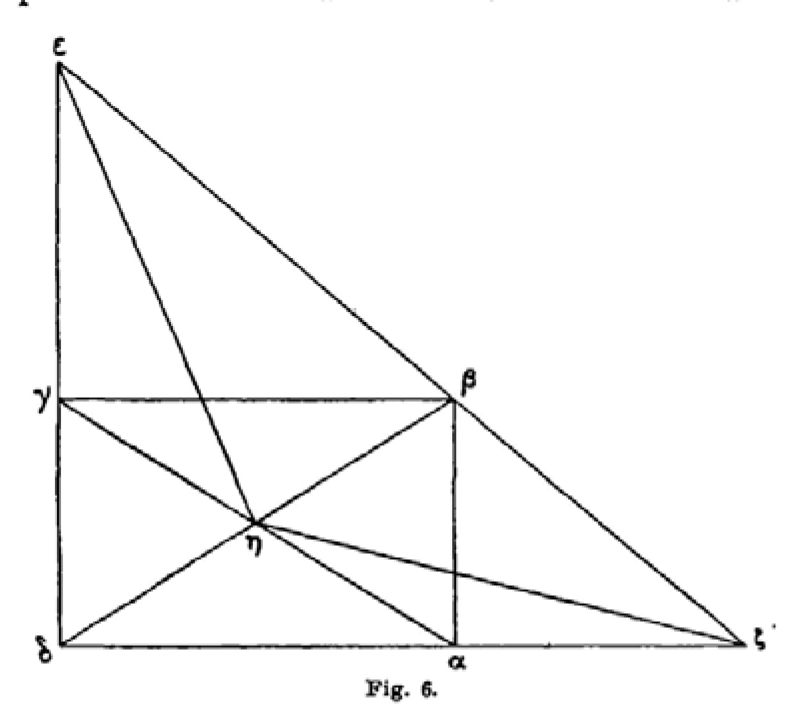


Fig. 6.

Rechteck $\alpha\beta\gamma\delta$, indem wir die beiden Linien $\delta\gamma$ und $\delta\alpha$ 10 ziehen. Verbinden wir ferner $\beta$ mit $\delta$ und $\gamma$ mit $\alpha$, und legen an den Punkt $\beta$ ein Lineal an, das die Linien $\delta\varepsilon$ und $\alpha\zeta$ schneidet, drehen es, bis die vom Punkte $\eta$ nach dem Schnittpunkt von $\gamma\varepsilon$ ausgehende Linie der vom Punkte $\eta$ nach dem Schnittpunkt von $\alpha\zeta$ ausgehenden 15 gleich ist. Die Lage des Lineals sei bei $\varepsilon\beta\zeta$ und die beiden Linien $\varepsilon\eta$ und $\eta\zeta$ seien gleich; so behaupte ich, daſs die beiden Linien $\alpha\zeta$ und $\gamma\varepsilon$ die beiden mittleren

[اا] فامّا كيف نستخرج خطّين متناسبين بين
خطّين مفروضين فانّا نبيّن ذلك بآلة لانّا[1] لا[2] نحتاج*
فى ذلك الى المجسّمة[3] ولنضع فى ذلك ما كان فى العمل
اكثر سهولة فليكن الخطّان المفروضان خطّى اب بج وليكن
احدهما قائمًا على الاخر وهما الخطّان اللذان نريد ان 5
نجد خطّين متوسطين بينهما فنتمّ مربّع ابجد ونخرج
خطّى دج دا ونصل بد جا ونركّب على علامة ب قانونا
يقطع خطّى ده از وندبره حتى يكون الخط الخارج من
علامة ح الى تقاطع جه مساويا للخطّ الخارج من علامة
ح الى تقاطع از وليكن وضع القانون على هبز وخطّا هح حز 10
متساويان فاقول انّ خطّى از جه متوسطين متناسبين بين
خطّى اب بج واوّلها اب والثانى زا والثالث جه والرابع
جب برهان ذلك من اجل ان مربع ابجد متوازى الاضلاع
قائم الزوايا فانّ الاربعة خطوط التى هى دح حا حب
حج متساوية ومن اجل ان خطّ حد مساوٍ لخط حا 15
وقد اخرج خط حز فانّ مضروب دز فى زا مع مضروب اح
فى نفسه مساوٍ لمضروب حز فى نفسه وكذلك ايضا مضروب
ده فى هج مع مضروب جح فى نفسه مساوٍ لمضروب* حه فى
نفسه وخطا هح حز متساويان فاذا مضروب دز فى زا مع

1) BCL om. 2) K om. 3) Codd.: الى ذلك فى الجسم (K: المجسّمة)

Proportionalen zu $\alpha\beta$ und $\beta\gamma$ sind, indem $\alpha\beta$ die erste, $\zeta\alpha$ die zweite, $\gamma\varepsilon$ die dritte und $\beta\gamma$ die vierte Proportionale ist. Beweis: weil das Viereck $\alpha\beta\gamma\delta$ ein Rechteck ist, so sind die vier Linien $\delta\eta$, $\eta\alpha$, $\eta\beta$ und $\eta\gamma$ einander gleich; und weil die Linie $\eta\delta$ der Linie $\eta\alpha$ gleich ist, aufserdem die Linie $\eta\zeta$ gezogen ist, so ist

$$\delta\zeta \cdot \zeta\alpha + \alpha\eta^2 = \eta\zeta^2.$$

Ebenso ist

$$\delta\varepsilon \cdot \varepsilon\gamma + \gamma\eta^2 = \eta\varepsilon^2.$$

Die Linien $\varepsilon\eta$ und $\eta\zeta$ sind aber gleich; folglich ist

$$\delta\zeta \cdot \zeta\alpha + \alpha\eta^2 = \delta\varepsilon \cdot \varepsilon\gamma + \eta\gamma^2$$

Es ist aber

$$\alpha\eta^2 = \qquad \eta\gamma^2$$

Daher durch Subtraktion:

$$\delta\zeta \cdot \zeta\alpha \qquad = \delta\varepsilon \cdot \varepsilon\gamma$$

Dann verhält sich die Linie $\varepsilon\delta$ zu $\delta\zeta$ wie die Linie $\zeta\alpha$ zu $\gamma\varepsilon$. Die Linie $\varepsilon\delta$ verhält sich aber zu $\delta\zeta$ wie die Linie $\beta\alpha$ zu $\alpha\zeta$ und wie die Linie $\varepsilon\gamma$ zu $\gamma\beta$. Dann verhält sich die Linie $\zeta\alpha$ zu $\gamma\varepsilon$ und die Linie $\gamma\varepsilon$ zu $\gamma\beta$ wie die Linie $\alpha\beta$ zu $\alpha\zeta$ $\left(\text{d. h. } \frac{\alpha\beta}{\alpha\zeta} = \frac{\alpha\zeta}{\gamma\varepsilon} = \frac{\gamma\varepsilon}{\gamma\beta}\right)$. Wir haben also zu den beiden Linien $\alpha\beta$ und $\beta\gamma$ zwei mittlere Proportionalen konstruiert, nämlich die Linien $\alpha\zeta$ und $\gamma\varepsilon$. q. e. d.

**12** Wie man regelmäfsige ebene oder körperliche Figuren nach einem bestimmten Verhältnis vergröfsern oder verkleinern mufs, haben wir jetzt auseinandergesetzt. Nun ist es aber auch sehr notwendig für die unregelmäfsigen ebenen und körperlichen Figuren eine Methode zu ersinnen, mittels welcher uns dasselbe Verfahren möglich ist. Wir

---

1) C om. 2) B add. قدر 3) Codd. الغير مرتبة 4) B om. 5) LC الاكثر

مضروب اج فى نفسه مساوٍ لمضروب([1] ده فى هج مع
مضروب حج فى نفسه ومضروب حج فى نفسه مساوٍ لمضروب
اج فى نفسه فاذًا مضروب ده فى هج الباقى مساوٍ لمضروب
دز فى زا الباقى فاذًا خطّ([2] هد عند دز كخطّ زا عند
جه وخط([2] هد عند دز كخطّ با عند از وكخطّ هج 5
عند جب فاذًا خطّ زا عند جه وخطّ جه عند بج كخطّ
با عند از فقد القينا بين خطّى اب بج خطّين
متوسطين متناسبين هما خطّا از جه وذلك ما اردنا ان
نبيّن ⊙

[١٢] فامّا كيف ينبغى ان نزيد وننقص فى الاشكال 10
المرتّبة سطوحية كانت او مجسمة على النسبة المعلومة فقد
اخبرنا بذلك وقد يجب باضطرار ان نحتال فى* غير
المرتّبة([3] البسيطة والمجسمة بحيلة يمكنّا بها ان نعمل
مثل ذلك العمل ولكنّا نقدّم اولا ما يصلح لتسهيل معرفة هذا
ثمّ نتبعه بيان ذلك يقال ان الاشكال متشابهة متساوية 15
بسيطة ومجسّمة مرتّبة كانت او غير مرتّبة اذا امكنا ان نرسم
فى احدها من الاشكال المستقيمة الخطوط([4] شكلا
مساويا مشابها للذى نرسمه فى الاخر والاشكال يقال انّها
متشابهة اذا امكنّا ان نرسم فى احدها من الاشكال المستقيمة
الخطوط اشكالا ما يمكنّا ان نرسم اشكالا مشابهة لها 20
فى الاخر([5] ⊙

wollen aber zuerst einiges vorausschicken, was das Verständnis dafür zu erleichtern geeignet ist; diesem werden wir dann den Beweis für jenes folgen lassen.

Man sagt, dafs ebene und körperliche Figuren, mögen sie regelmäfsig oder unregelmäfsig sein, kongruent sind, 5 wenn man auf einer von ihnen eine solche geradlinige Figur beschreiben kann, dass sie der auf der anderen beschriebenen gleich und ähnlich ist; und man sagt, dafs Figuren einander ähnlich sind, wenn man in einer von ihnen geradlinige Figuren derart beschreiben kann, dafs 10 man in der anderen ihnen ähnliche beschreiben kann.

13 Wenn eine Linie sich um einen Punkt bewegt, und man nimmt auf dieser Linie zwei Punkte an, die von dem festen Punkte aus die Linie nach einem gegebenen Verhältnis teilen, so werden die beiden Punkte, die sich 15 mit dieser Linie bewegen, ähnliche Figuren bestimmen. Wenn sich die Linie nun in einer Ebene bewegt, so werden die bestimmten Figuren eben. Wenn sich aber die Linie nicht in einer Ebene, sondern in einem Körper bewegt, so sind die bestimmten Figuren körperlich, wenn 20 wir annehmen, dafs die Punkte in ihrem gegenseitigen Nahesein die Oberflächen der Figuren beschreiben. Es hindert nämlich nichts, diesen Satz bei den sinnlich wahrnehmbaren Dingen anzunehmen; bei den nur gedachten ist er aber noch wahrer und richtiger. Unter einem 25 anderen Gesichtspunkte nennt man nun die Figuren ähnlich, wenn man die eine in die andere zeichnet und einen Punkt so annimmt, dafs die von dem Punkte nach den Grenzen der Figuren, mögen dieselben Linien oder Flächen sein, gezogenen Linien von den Grenzen der 30 Figuren nach jenem Verhältnis geschnitten werden.

14 Nachdem wir dies vorausgeschickt haben, beweisen wir, dafs wir zu jeder gegebenen Figur eine ähnliche finden können, die zu ihr in einem gegebenen Verhältnis steht. Wir beweisen dies zunächst für die Ebene. Nehmen 35 wir irgend eine Linie an, nämlich die Linie $\alpha\beta$, die im Punkte $\alpha$ befestigt ist und sich in einer Ebene bewegt.

[١٣] اذا كان خطّ ما متحركا على نقطة ما وفرض على ذلك الخط علامتان تقسمان[1] الخط فيما يلى العلامة الثابتة على النسبة المعلومة فان العلامتين اللتين[1] تتحركان[1] على ذلك الخط ترسمان[1] اشكالا متشابهة فان كان الخطّ يتحرك على سطح فانّه[2] تكون الاشكال المرسومة* بسيطة 5 فان لم يكن الخط متحركًا على سطح لكنّه كان على[3] مجسم فان الاشكال المرسومة[4] تكون مجسمة اذا توهّمنا العلامات بتقاربها ترسم بسائط الاشكال لانّه ليس بممتنع ان نتوهم فى المحسوسات هذا الوضع[5] وذلك فى المعقولات اكثر صدقا واصحّ[6] وعلى جهة اخرى تسمّى الاشكال متشابهة 10 اذا كان اذا رسم احدهما فى الاخر وفرضت علامة ما تكون الخطوط الخراجة من العلامة الى نهايات الاشكال خطوطا كانت او سطوحا تقطعها نهايات الاشكال فى تلك النسبة ⊙

[١٤] فاذ[7] قد[8] قدّمنا هذا نبين انه يمكننا ان نجد شكلا مشابها لكل شكل مفروض وله اليه نسبة معلومة 15 واول ذلك نبيّنه فى السطوح فلنفرض خطّا ما هو خطّ $\overline{اب}$ ثابتا[9] على علامة $\overline{ا}$ متحركا[9] على سطح ولتكن عليه علامتان وهما علامتا $\overline{بح}$ تتجوزان على الخط[10] ولترسم علامة $\overline{ب}$ فى

---

1) Codd. sgl. 2) BCL om. K فانّها 3) B om. 4) CL om. 5) B الموضع 6) B واصلح K واوضح 7) BCL اذا 8) BCL om. 9) Codd. nomin. 10) Codd. الخطوط

Darauf seien zwei Punkte, nämlich die Punkte $\beta, \eta$, die sich mit der Linie bewegen. Es beschreibt der Punkt $\beta$ in der Ebene die (Kreis-)Linie $\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ und der Punkt $\eta$ die (Kreis-) Linie $\eta\vartheta\varkappa\lambda\mu$, so behaupten wir, daſs die beiden (Kreis-)Figuren $\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ und $\eta\vartheta\varkappa\lambda\mu$ einander ähnlich sind. Beweis: Zeichnen wir in $\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ eine gradlinige Figur ein, nämlich die Figur $\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$; zeichnen wir ferner die Figur $\eta\vartheta\varkappa\lambda\mu$, indem wir von dem Punkte $\alpha$ nach den Punkten $\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ Linien ziehen, nämlich die Linien, die wir bereits gezogen haben; verbinden wir weiter die Punkte $\eta\vartheta\varkappa\lambda\mu$, so ist, weil die Linien $\beta\alpha$, $\gamma\alpha$, $\delta\alpha$, $\varepsilon\alpha$, $\zeta\alpha$ nach unserer Annahme in den Punkten $\eta\vartheta\varkappa\lambda\mu$ in ähnlicher Weise geteilt sind, die eine geradlinige Figur, nämlich $\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$, ähnlich der anderen geradlinigen Figur, nämlich $\eta\vartheta\varkappa\lambda\mu$. Ähnlich beweisen wir, daſs wir in der Figur $\eta\vartheta\varkappa\lambda\mu$ eine geradlinige Figur ziehen können, die jeder (beliebigen) in $\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ gezogenen geradlinigen Figur ähnlich ist, weil die von den beiden Punkten beschriebenen Figuren ähnlich sind.

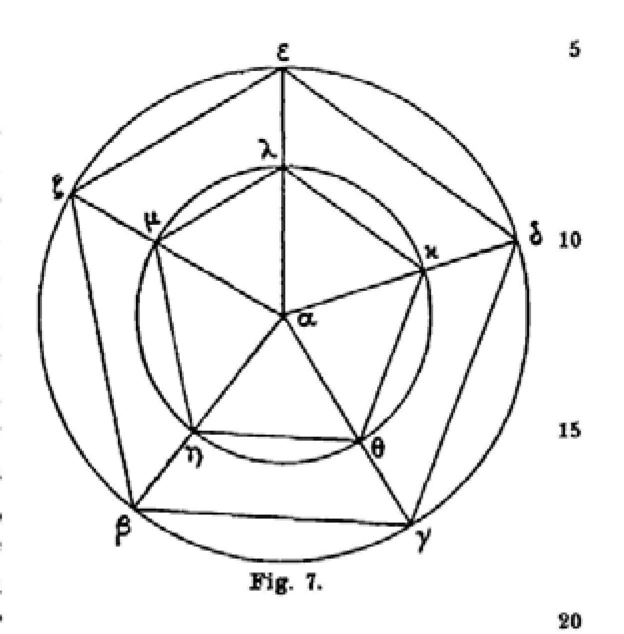


Fig. 7.

15 Beweisen wir nun, wie wir mit Hilfe eines Instrumentes zu einer gegebenen ebenen Figur eine ähnliche finden, die zu derselben in einem gegebenen Verhältnis steht. Machen wir zwei, gleichmäſsig gezahnte, runde Scheiben (ac, ab) um denselben Mittelpunkt (a), die darauf festsitzen, und sich beide um dieselbe Achse in derselben Ebene bewegen, in der die Figur, zu welcher wir eine ihr ähnliche konstruieren wollen, liegt. Das Verhältnis der Scheiben

السطح[1] خطّ بجدهز وعلامة* ح ترسم خطّ[2] حطكلم
فنقول ان شكلى بجدهز حطكلم متشابهان برهان ذلك
انّا* نرسم فى بجدهز شكلا مستقيم الخطوط وهو شكل
بجدهز وايضا[3] نرسم[4] شكل حطكلم ونصل من علامة
ا الى علامات بجدهز خطوطا[5] وهى الخطوط التى قد 5
اخرجناها وايضا نصل حطكلم ومن اجل انّ خطوط
با جا دا ها از قد قسمت قسمة متشابهة على علامات
حطكلم لما فرضنا فان الشكل المستقيم الخطوط الذى
هو بجدهز مشابه للشكل المستقيم الخطوط الذى هو[6]
حطكلم وبمثل ذلك نبيّن انّه قد يمكنّا ان نرسم فى 10
شكل* حطكلم شكلا[7] مستقيم الخطوط يشابه كلّ شكل
مستقيم الخطوط يرسم فى شكل بجدهز لانّ الاشكال
التى رسمتها العلامتان متشابهة ⊙

[١٥] ولنبيّن الآن كيف نجد شكلا مشابها للشكل
المسطّح المعلوم بآلة تكون له اليه نسبة معلومة فنعمل 15
صفيحتين على مركز واحد ثابتة عليه ذوات اسنان مهندمة
على محور واحد متحركة فى السطح الذى فيه الشكل
الذى نريد ان نعمل مثله ولتكن نسبة الصفائح بعضها الى
بعض تلك النسبة المعلومة وليكن على كلّ واحدة من

1) K add. شكل 2) B om. 3) LC أنّما 4) B om.
5) LC om. 6) L om. 7) B om.

zu einander sei jenes bekannte Verhältnis. An jeder der beiden Scheiben befinde sich ein Lineal (pr, lo) mit Zähnen nach jener Richtung (a) hin, und ihre Zähne sollen in die Zähne der Scheiben eingreifen. Diese Lineale mögen in der Nute eines anderen Lineals (ahk) laufen, welches sich auf der Achse der Scheiben mittels eines runden Loches bewegen läfst. Auf den Rändern der gezahnten Lineale mögen sich Merkpunkte (m, n) für die Linie der ähnlichen Figuren befinden, und diese Merkpunkte sollen auf einer, durch den Mittelpunkt der Scheiben gehenden, Geraden (amn) laufen. Damit sie sich aber beide immer so bewegen, dafs die Bewegung auf einer, durch den Mittelpunkt gehenden, Geraden stattfindet, und die drei Punkte immer dasselbe

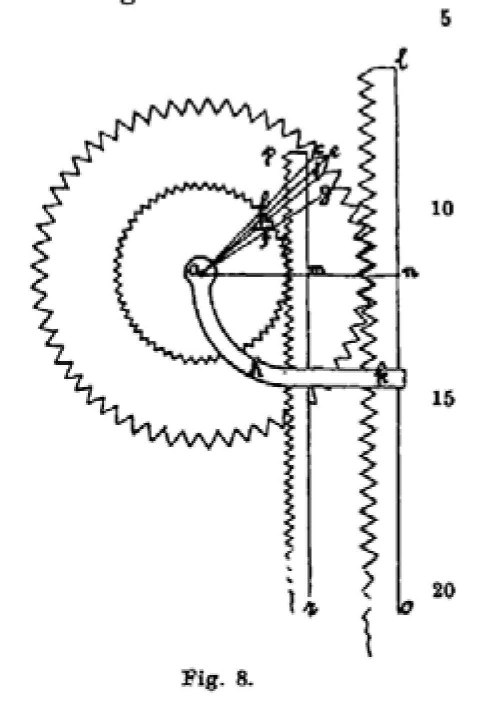


Fig. 8.

thun und immer auf derselben Geraden bleiben, müssen wir die Merkpunkte auf den gezahnten Linealen so weit von dem Mittelpunkte der Scheiben entfernt machen, als die kürzeste Entfernung des Mittelpunktes beider Scheiben von den Rändern der Lineale beträgt. Dann verschieben wir dieselben, so dafs sie die Ebene, in welcher wir die ähnlichen Figuren zeichnen wollen, treffen. Wenn man nun ein Merkzeichen ausstreckt, so dafs es auf den Umfang jener Figur zu liegen kommt, und das andre so weit von ihm entfernt, dafs der Zwischenraum zwischen dem ersten und dem Mittelpunkt der Scheiben sich zu der Entfernung zwischen diesem und dem anderen Merkzeichen verhält, wie die Durchmesser der gezahnten Scheiben zu einander, (man lasse aber das Lineal, in welchem sich die Nutę befindet,

الصفائح قانون ذو اسنان فى تلك الجهة ولتكن اسنانها
مركبة على اسنان الصفائح ولتكن هذه القوانين فى حفر
ميزابى من[1] قانون اخر متحرك على محور الصفائح بثقب
مستدير وليكن على اطراف القوانين المضرسة مراكز تكون
لخطّ الاشكال المتشابهة ولتكن هذه المراكز تجوز على 5
خطّ مستقيم على مركز الصفائح ولان يكونا كلاهما ابدًا
متحركين حركة مستقيمة على مركز الصفائح وتعمل الثلاث
علامات عملا واحدا وتكون ابدًا على خطّ واحد مستقيم
ينبغى ان نعمل المراكز التى[2] فى القوانين المسنّة[3]
بعيدة* عن مركز الصفائح قدر البعد الاصغر الذى لمركز كلّ 10
واحدة من الصفيحتين عن اطراف القانونين[4] ثمّ نعوجها
لتنال السطح الذى نريد ان نرسم فيه الاشكال المتشابهة
فان مدّ[5] احد[6] مركزا[7] ما[8] فصيّره على الخط الذى
يحيط بذلك الشكل وباعد الآخر عنه البعد الذى يكون
ما[9] بينه وبين مركز الصفائح عند البعد الذى بينه وبين 15
المركز[10] الاخر كنسبة اقطار الصفائح المسنّة بعضها الى
بعض وصير القانون الذى فيه الحفر الميزابىّ مقوّسا[11]

1) B om. 2) BCL om. 3) K المستقيمة 4) Codd.: من القوانين *قدر البعد* (*deest in B*) الذى لمركز كل واحد من الصفائح 5) B بدا K من 6) K اخذ 7) B مراكز 8) B om. 9) Codd. om. 10) Codd. مركز 11) LC منقوسا

etwas gebogen sein, damit der, auf der von uns erwähnten Linie befindliche Merkpunkt auf dieser Linie laufe), so beschreibt der andre Merkpunkt die Figur, welche der ersteren ähnlich ist, und beschreibt sie nach dem gegebenen Verhältnisse, weil die gezahnten Scheiben in diesem Verhältnis zu einander stehen.

**16** Die Figur, die der bekannten ähnlich ist, und zu ihr in einem gegebenen Verhältnis steht, haben wir an der Stelle, wo sie selbst ist, und wo wir die ihr ähnliche konstruieren wollen, entworfen. Wenn man aber die zu findende Figur nicht an jenem Orte, sondern an einem anderen, wo es der Anfertiger derselben gerade haben will, zeichnen soll, so verfährt man dabei also. Es sei die der bekannten Figur ähnliche, die Figur $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ und

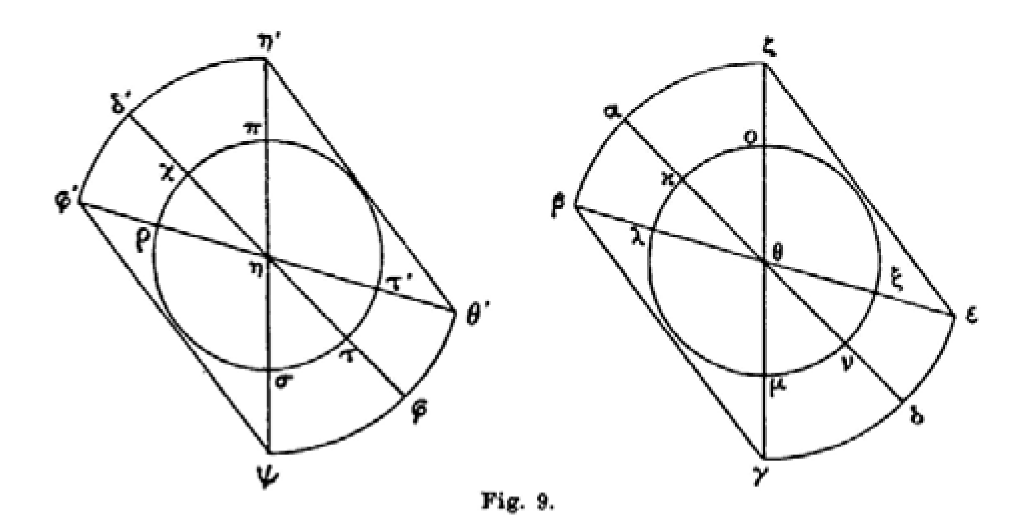



Fig. 9.

es sei der Ort, an den wir sie übertragen wollen, die Umgebung des Punktes $\eta$. Nehmen wir innerhalb der Figur $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ irgend einen Punkt, den Punkt $\vartheta$ an, und schlagen wir um die beiden Punkte $\eta$ und $\vartheta$ zwei sich gleiche Kreise in der Ebene und teilen sie bei den Punkten $\varkappa\lambda\mu\nu\xi o$ und $\pi\chi\varrho\sigma\tau\tau'$ in gleichviele Teile, verbinden die Teilpunkte mit den Mittelpunkten und machen die vom Punkt $\eta$ ausgehenden Linien gleich den in der Figur

قليلا ليكون[1] المركز الذى* على الخط[2] الذى ذكرناه جائرًا على هذا الخط فانّ المركز الاخر يرسم الشكل المشابه للشكل الاول ويرسمه ايضا على النسبة المعلومة لان الصفائح المستة لاحداهما[3] الى الاخرى* هذه النسبة[4] ⊙ 5

[١٦] امّا الشكل الذى يشابه الشكل المعلوم الذى له اليه نسبة معلومة[5] فقد عملناه[6] فى الموضع الذى هو فيه والذى نريد ان نعمل الشكل المشابه له فيه فان اراد احد ان لا يعمل الشكل الموجود فى ذلك الموضع لكن فى موضع اخر حيث يريد واضعه فانّا نستعمل فيه هذا 10 العمل فليكن الشكل المشابه للشكل المعلوم شكل ابجدهز وليكن الموضع[7] الذى نريد ان نعمله فيه ما يلى علامة ح ولنفرض فى داخل شكل ابجدهز علامة ما وهى علامة ط ولنرسم على علامتى حط دائرتين متساويتين فى السطح ولنقسمهما باقسام متساوية الكثرة على علامات كلمنسع 15 فقرشتث ولنصلها ونخرجها من المراكز الى الفصول ونخرج خطوطا مساوية للخطوط التى اخرجت[8] فى شكل ابجدهز من علامة ح وليكن خطّ حل مساويا لخطّ قذ

1) K لكون 2) B om. 3) Codd. لاحداها 4) B om. 5) KL om. 6) B خلصناه K حصلنا 7) B om. 8) KLC om.

$\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ befindlichen; es sei die Linie $\alpha\varkappa$ gleich der Linie $\chi\delta'$, die Linie $\lambda\beta$ gleich der Linie $\varrho\varphi'$, $\mu\gamma$ gleich der Linie $\sigma\psi$, $\nu\delta$ gleich der Linie $\tau\varphi$, $\xi\varepsilon$ gleich der Linie $\tau'\vartheta'$ und $o\zeta$ der Linie $\pi\eta'$. Ziehen wir ferner durch die Punkte $\eta'\delta'\varphi'\psi\varphi\vartheta'$ und die ihnen ähnlichen Punkte 5 Linien, so wird, wenn wir die gleichen Kreise um die beiden Mittelpunkte $\eta$, $\vartheta$ in noch mehrere Teile teilen, die gezogene Linie um so richtiger und sicherer sein, als die Punkte einander näher liegen. Ziehen wir nun die Linie $\eta'\delta'\varphi'\psi\varphi\vartheta'$, so wird diese Linie der Linie $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ 10 kongruent sein, weil die kongruenten Figuren sich decken.

17 Auch bei den körperlichen Figuren, den regelmäfsigen sowohl als den unregelmäfsigen, müssen wir uns die Übertragung ähnlich denken — nur dafs eine Kugel die Stelle des Kreises vertritt, innerhalb oder aufserhalb dessen wir 15 die kongruenten Figuren konstruieren. Wir nehmen also auf der Kugel ähnlich gelegene Punkte an und ziehen von ihnen nach anderen, im Innern der Figuren gelegenen Punkten Linien, und verlängern dieselben. Wenn wir dies gethan haben, so entsteht durch diese Linien eine 20 körperliche Figur, die der zuerst angenommenen gleich und ähnlich ist.

18 Um nun ähnliche körperliche Figuren zu konstruieren, verfahren wir auf folgende Weise. Wir nehmen zwei ebene Platten von Holz, die sich um eine gemeinsame 25 Linie bewegen lassen, so dafs die gemeinsame Linie bei jeder Bewegung eine und dieselbe Linie bleibt. Dies erreichen wir, wenn die Mittelpunkte der Gelenke, um die sich die Platten bewegen, in diese gemeinsame Linie fallen. 30

---

1) B om. 2) K المشادهة BCL متشابهة 3) Codd. متساوية 4) Codd. والغير مرتّبة 5) Codd. الثقلة 6) K الكرّة 7) Codd. om. 8) Codd. فيه 9) Codd. om. 10) LK من 11) LC الموبادحات B البارمادجات K الومارحات

ول‌ب لخطّ رض و مج لخطّ شو و ن‌ن لخطّ ت‌ص و س‌ه لخطّ ت‌ظ و ع‌ز لخطّ ف‌خ ولنخرج على علامات خ‌ذ‌ض‌و‌ص‌ظ والعلامات المشابهة لها خطوطا فان قسمت الدوائر المتساوية التى[1] على مركزى ط‌ح باقسام اكثر فانّ كلّما كانت العلامات متقاربة كان الخطّ المرسوم اكثر صحّة واستقصاء فلنرسم 5 خطّ خ‌ذ‌ض‌و‌ص‌ظ فيكون هذا الخطّ مساويا ومشابها لخطّ اب‌ج‌د‌ه‌ز لان السطوح المتشابهة[2] المتساوية[3] يتراكب بعضها على بعض ⊙

[١٧] وفى الاشكال المجسّمة ايضا المرتّبة* وغير المرتّبة[4] ينبغى ان نتوهّم النقلة[5] متشابهة اعنى ان تكون 10 كرّة[6] بدل الدائرة* التى تعمل[7] او فيها[8] او خارجها[9] اشكال ما اخر متساوية متشابهة فنفرض عليها علامات متشابهة الوضع ونخرج منها الى علامات اخر موضوعة فى اوساط الاشكال خطوطا ونخرجها فانّا اذا فعلنا ذلك كان من هذه الخطوط شكل مجسم مساو مشابه للشكل 15 الموضوع اوّلا ⊙

[١٨] فامّا المجسّمات فانّا نعملها على هذه الجهة نتّخذ لوحين من خشب سطوحيّة متحركة على[10] خطّ مشترك يكون الخطّ المشترك فى كلّ حركة خطّا واحدا وذلك يتهيأ اذا كانت مراكز الهرماوجات[11] التى تتحرك 20 عليها الالواح على هذا الخطّ المشترك وليكن عظم الالواح

Die Gröfse der Platten sei der Gröfse der gröfseren der ähnlichen Figuren angemessen. Die Herstellung und den Gebrauch des Werkzeugs werden wir jetzt auseinandersetzen.

Nehmen wir zwei Gestelle von Eisen, die dem Ypsilon genannten Buchstaben ähnlich sehen, und seien die Teile eines jeden der beiden ausgestreckt einander gleich. Biegen wir nun die Enden derselben, so dafs die Biegung eine Spitze hat, und entstehe durch das Biegen bei beiden*) die Figur eines Dreiecks. Sei ferner das bekannte Verhältnis

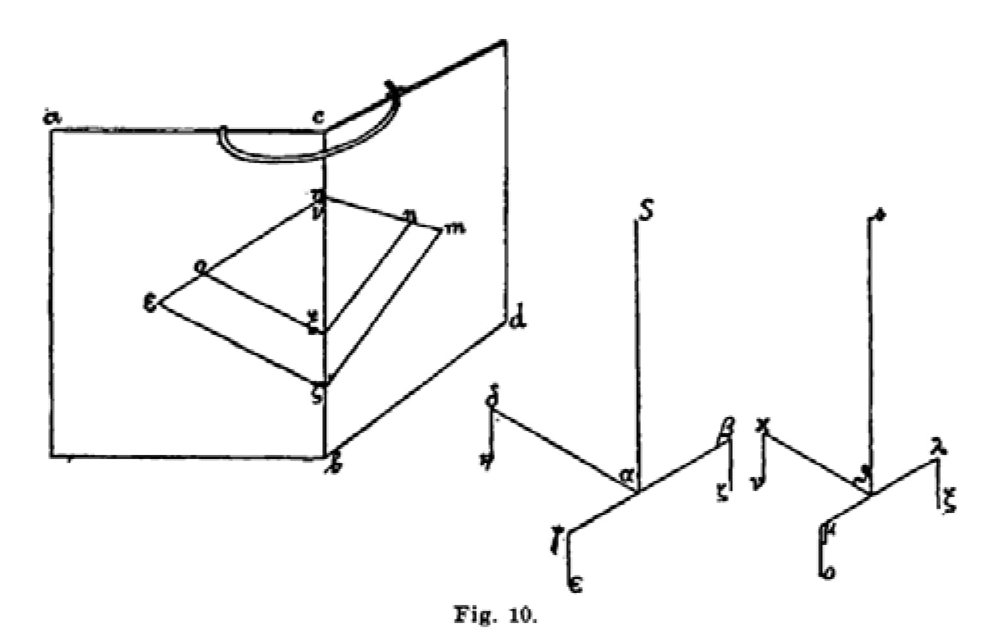



Fig. 10.

der einen der ähnlichen Figuren zur anderen gleich dem dreifachen (d. i. kubischen) Verhältnis der untereinander proportionalen Seiten der zwei Dreiecke und denken wir uns dies nun für die Linien $\alpha\beta$, $\alpha\gamma$ und $\alpha\delta$, während die Linien, die gebogen wurden, $\gamma\varepsilon$, $\beta\zeta$ und $\delta\eta$ sind; das andre Gestell bestehe aus den Linien $\vartheta\varkappa$, $\vartheta\lambda$ und $\vartheta\mu$, und die gebogenen Linien seien $\varkappa\nu$, $\lambda\xi$ und $\mu o$; die beiden

*) wörtlich: durch die Biegung von zweien derselben.

على قدر اعظم الشكلين المتشابهين المجسمين * واما صنعة
الالة والحاجة اليها فالان نعلّمها(1 ولنتّخذ شكلين من
حديد يشابهان(2 الحرف الذى يسمى هولا فلتكن اجزاء
كل واحد منهما الممدودة(3 متساوية ولنعوّج اطرافها
تعويجا له حدّة ولتكن من تعويج اثنين منها صورة مثلّث 5
ولتكن النسبة المعلومة التى لاحد المجسّمين الى الاخر
ثلاثة امثال النسبة التى لاضلاع المثلثين(4 بعضها الى بعض
فلنتوهّم ذلك الى خطوط اب اج اد والخطوط التى قد
عوّجت جه بز دح والشكل الاخر خطوط طك طل طم
ولتكن الخطوط التى قد عوّجت خطوط كن لس مع 10
وليكن المثلثان(5 المتشابهان(6 جهزنعس ولنرسم على الخط
المشترك الذى للوحين المتحركين فى احد اللوحين
شكلا مساويا مشابها للشكل الحديد ولنخرج على احد
خطوط المثلث خطا موازيا لقاعدة المثلث * يحيط بمثلث(7
اخر مساوٍ للمثلث(8 الذى من حديد الذى يشابه حرف 15
هولا وليكن على كلّ واحد من اشكال هولا قضيب من
رصاص ملصق به وليكن طرفه محدّدا قويا ليكون اذا
عوج(9 اىّ تعويج كان وترك(9 يسكن(9 اعنى لا يرتعد(9

1) Codd. وذلك الصنعة والحاجة اليه نعلمه 2) Codd. sgl.
3) LC المقدودة 4) Codd. المثلث 5) CK المثلثات
6) Codd. fem. sgl. 7) K بخط مثلث 8) B om. 9) Codd. fem.

ähnlichen Dreiecke seien $\eta\varepsilon\zeta$ und $\nu o\xi$. Zeichnen wir nun über der, den beweglichen Platten gemeinsamen Linie $(cb)$, auf der einen $(ab)$ der Platten, eine dem eisernen Gestell kongruente Figur $(\eta\varepsilon\zeta)$ und ziehen ferner durch eine der Dreiecksseiten eine der Grundlinie $(\varepsilon\zeta)$ des Dreiecks parallele Linie $(o\xi)$, die ein andres Dreieck $(\nu o\xi)$, gleich (kongruent) dem eisernen Dreieck, das dem Buchstaben Ypsilon ähnlich sieht, abschneidet. Auf jedem der Ypsilon-Gestelle sei ein Zinnstab ($S\alpha$ und $s\vartheta$), dessen Ende sehr spitz ist, befestigt, so daſs er, wenn er gebogen und dann los gelassen wird, feststehe, d. h. nicht zittere, wie die Zinnstäbe die zu menschlichen Bildern(?) gebraucht werden. Die Form dieses Ypsilon genannten Buchstabens sei (nach der Biegung) ähnlich dem Galeagra genannten Werkzeug. Die Bewegung der genannten Platten gegeneinander sei so, daſs sie beim Aufhören der Bewegung feststehen und sich nicht erschüttern lassen, wie die „Krebse“. Dies ist die Herstellungsart des Instrumentes; seine Anwendung wollen wir alsbald darlegen.

Wenn wir nun eine körperliche Figur einer andern ähnlich machen wollen, die zu derselben in einem bekannten Verhältnis steht, so nähern wir die Oberfläche der körperlichen Figur dem Ypsilon-Gestell, so daſs die Merkpunkte auf allen Seiten die Fläche berühren, und bringen auch das andre Ypsilon-Gestell an den zu konstruierenden Körper heran. Wenn wir ihn nun gröſser machen wollen als den vorhandenen Körper, so bringen wir den gröſseren Körper an das gröſsere Dreieck, den anderen an das zweite.

Nehmen wir an, wir wollen den ähnlichen Körper in Stein oder Holz oder einer sonstigen Masse herstellen, und die Merkpunkte an jeden Körper bringen. Die angenommenen Merkpunkte mögen sich auf den Körpern in ähnlicher Lage befinden und wir konstruieren die übrigen Teile auf Grund dieses Vorganges.

---

1) LCK التماثيل 2) B add. قال وهكذا يكون بالالواح (ms. بكوكب) كما هو مبين فى الصورة (ms. الصورت)

كما قد تكون القضبان الرصاص التى تعمل للتماثيل[1]
الانسية ولتكن صورة هذا الحرف الذى يسمى هولا
مشابها للاداة التى تسمى غلاغرا ولتكن الالواح التى
ذكرنا متحركة الى بعضها بعض الحركة التى اذا سكنت
ثبتت وكانت غير متزعزعة كالسراطين امّا صنعة الآلة فهى 5
هذه والذى نريد ان نخبّره بعد هذا هو استعمالها[2] ⊙
فاذا اردنا ان نعمل شكلا مجسّما مشابها لشكل آخر معلوم
مجسّم* وله اليه نسبة[3] كالنسبة المعلومة فانّا[4] نقرب
بسيط الشكل المجسم الى شكل[5] هولا لنماس المراكز
البسيط من كل جهة ونقرّب ايضا الشكل الاخر المشابه 10
هولا للشكل الذى نريد ان نعمله فان اردنا ان نعمله
اكبر من الشكل* المنظور اتينا بالشكل الاعظم الى المثلّث
الاعظم والآخر الى الباقى فليكن نريد ان نعمل الشكل[6]
المشابه فى حجر او خشب او آلة اخرى ونصير على كل
جسم علامات المراكز ولتكن العلامات المفروضة موضوعة 15
على الاجسام وضعا متشابها ولنعمل الاجزاء الاخر على هذا
العمل وليكون التعليم ظاهرا[7] نفرض كانّا نريد ان نرسم
عينا فى مثال انسان او مثال آخر غيره فلنضع مراكز هولآ
على المعمول اعنى الموضوع لنا الذى نريد ان نعمل شكلا

---

3) BCL om. 4) BCL om. 5) B om. 6) B om. 7) B add. لحيث

Damit aber unsere Belehrung klarer werde, nehmen wir an, wir wollten ein Auge an dem Bilde eines Menschen oder dem Bilde von sonst etwas anbringen. Legen wir also die Merkpunkte der Ypsilon an das bereits vorhandene, ich meine an das gegebene, wozu wir 5 eine ähnliche Figur machen wollen und biegen wir die Spitze ($S$) des Zinnstabes, der an dem Ypsilon ist, bis die Spitze das betreffende Auge trifft; dann nehmen wir das Ypsilon und setzen es auf das Dreieck ($\eta \varepsilon \zeta$), das auf der Platte ($ab$) gezeichnet ist; dann senken oder 10 heben wir die andre Platte ($cd$), auf welcher nichts gezeichnet ist, bis sie bei ihrem Heben oder Senken die Spitze des Stabes trifft. Dann nehmen wir das Ypsilon weg und ziehen von dem Punkte ($m$), den der Zinnstab auf der Tafel ($cd$) gemacht hat, nach den Endpunkten 15 der Dreiecksseite, die auf der den beiden Platten gemeinsamen Linie liegt, zwei Linien ($m\eta$, $m\zeta$), und sorgen dafür, daſs die Platten sich nicht gegeneinander bewegen, ziehen durch den andern Punkt ($\xi$), welcher auf der beiden Platten gemeinsamen Linie liegt, eine Linie ($n\xi$) 20 parallel zu $m\zeta$ (Text: zu den gröſsten Linien, die bei der zur Grundlinie parallelen Linie sind), bis sie die andre gezogene Linie ($\eta m$) schneidet. Dann nehmen wir das andre Ypsilon, setzen die scharfen Spitzen der Zähne, die gebogen wurden, auf das Dreieck ($\nu o \xi$), welches auf 25 der Tafel ($ab$) ist, und dem aus den Enden jener Teile ($\varkappa\nu$, $\mu o$, $\lambda\xi$) gebildeten Dreieck gleich (kongruent) ist, biegen den Zinnstab, bis er den Punkt ($n$), der durch die parallele Linie ($n\xi$) auf der anderen Platte ($cd$) bestimmt wurde, trifft, nehmen das Ypsilon weg und setzen es auf die 30 gegebenen Punkte des noch nicht benutzten Körpers. Der Punkt, auf welchen das Ende des Stabes auf dem Körper trifft, ist der auf dem Bilde für den Platz des Auges, das eine ähnliche Lage hat wie dasjenige, auf welches wir den ersten Stab bogen, bestimmte Punkt. Ebenso biegen wir den Stab nach 35 den übrigen Teilen des Bildes und bezeichnen die ähnlich gelegenen Punkte auf dem Steine; dann konstruieren wir

مشابها له ونعوج طرف القضيب الرصاص الذى عند هولآ
حتى ينال طرفه العين التى[1] نريد ثمّ نرفع هولآ ونركبه
على المثلث الذى قد رسم فى اللوح[2] ثم نخفض او نرفع
اللوح الآخر الذى ليس فيه رسم حتى يناله طرف القضيب
بانخفاضه او بارتفاعه ثمّ نرفع هولآ ونصل خطّين من العلامة 5
التى ينالها القضيب الرصاص على اللوح فى نهايات ضلع
المثلّث الذى على الخط المشترك للّوحين وليحفظ[3]
كل واحد من اللوحين غير متحرك الى الآخر ونخرج على
لعلامة الاخرى التى على الخط المشترك للّوحين خطّا
موازيا للخطوط العظام التى عند الخط الموازى للقاعدة 10
حتى يقطع الخطّ المخرج الاخر ثم نأخذ هولا الاخر
ونركّب[4] اطراف الاسنان التى قد عوّجت الحادّة على
المثلّث الذى فى اللوح المساوى للمثلّث المعمول[5] من[6]
اطراف تلك الاجزاء ونعوّج القضيب الرصاص حتى ينال
العلامة التى رسمها الخطّ الموازى فى اللوح الاخر ونرفع 15
هولآ ونضعه على العلامات المفروضة فى الشكل الذى لم
نستعمله فعلى اىّ علامة تراكب طرف القضيب فى الجسم
تلك العلامة تكون الموضوعة على موضع عين المثال المشابهة
الوضع للتى[7] تعوّج عليها القضيب الاوّل وكذلك ايضا

1) Codd. الذى 2) Codd. الالواح 3) BK وليخفض
4) K add. عليه 5) BCL المعلوم 6) K فى 7) Codd. الذى

die Fläche nach den angenommenen Punkten, welches die Punkte sind, welche die Figur der zuerst gegebenen ähnlich machen, und die zu ihr ein Verhältnis wie das erwähnte hat.

Was nun die erwähnte parallele Linie angeht, so wird sie auf der anderen Tafel leicht gezeichnet, wenn wir auf der Tafel irgend eine Parallele zu der gemeinsamen Linie ziehen (?).*)

Daſs nun die auf diese Weise erhaltenen Figuren ähnlich sind, erhellt daraus, daſs sie aus ähnlichen, ähnlich gelegenen Pyramiden entstehen, deren Grundflächen die von den Ypsilon auf den Körpern bestimmten Dreiecke (ηεζ, νοξ) und deren Spitzen die von den Enden der Stäbe auf jedem der Körper bezeichneten Punkte ($m$,$n$) sind.

Daſs sie zu einander in dem bekannten Verhältnisse stehen, ist klar, weil das Verhältnis der Pyramiden, aus denen die Körper gemacht wurden, das dreifache (d. i. kubische) Verhältnis der proportionalen Seiten ist, denn die Seiten der ähnlichen Dreiecke (ηεζ, νοξ) wurden so angenommen. Also stehen die Körper in diesem bekannten Verhältnis zu einander.

**19** Wenn wir nun die Rückseite der ähnlichen Körper machen wollen, so benutzen wir dieselbe Methode. Wir nehmen auf der Rückseite auf jeder der beiden Figuren drei Punkte an, die eine ähnliche Lage haben und durch die sie verbindenden Linien zwei Dreiecke bestimmen, die den durch den Buchstaben Ypsilon konstruierten Dreiecken, nämlich den auf der einen Platte gezeichneten gleich (kongruent) sind; dann setzen wir die beiden Ypsilon auf der Rückseite auf und nehmen nacheinander Punkte an, durch die wir die erwähnten Teile des Körpers konstruieren.

*) Der Satz scheint mir überflüssig und ist auch ganz unverständlich.

1) Codd. الاجزاء 2) BCL om. 3) B om. 4) K add. وقد يمكن ان يوجد هذا ايضا على الجسم وعلى القاعدة

نعوّج القضيب على اجزاء[1] البنية الاخر[2] فنرسم المتشابهات الوضع على الحجر ثم نعمل البسيط على العلامات المفروضة وهى العلامات التى تعمل الشكل* مشابها للشكل[3] الذى تقدّم وضعه[4] وتصير له[5] اليه نسبة هى النسبة المذكورة فامّا الخط الموازى الذى ذكرناه فانّه يرسم فى اللوح 5 الاخر بسهولة اذا رسمنا على اللوح خطّا ما موازيا للخط المشترك امّا ان تكون الاشكال المعمولة على هذا العمل متشابهة فذلك ظاهر لانّها من اشكال ناريّة[6] متشابهة[7] متشابهة الوضع قواعدها المثلثات التى رسمها* هولا فى الاجسام رؤسها العلامات التى رسمتها[8] اطراف القضبان 10 فى كل واحد من الاجسام فامّا ان تكون لبعضها الى بعض نسبة معلومة فذلك ظاهر لان الاشكال الناريّة التى منها عملت الاجسام نسبتها ثلاثة[9] امثال نسبة[10] الاضلاع المتناسبة لان اضلاع[11] المثلثين[12] المتشابهين[12] كذا فرضت فاذًا المجسّمات لبعضها الى بعض هذه النسبة المعلومة ⊙ 15

[١٩] فان اردنا ان نعمل ما خلف الاجسام المتشابهة فانّا[13] نستعمل بهذه الحيلة نتوهّم[14] فى جهة خلف ثلث علامات فى كلّ واحد من الاشكال موضوعة وضعا متشابها

---

افضل ما يكون 5) LC om. 6) Codd. الاشكال النارية 7) BCL om. 8) LCK om. 9) LC نسبها ثلثة 10) Codd. om. 11) B om. 12) Codd. pl. 13) Codd. om. 14) Codd. om.

Wenn wir aber Bilder machen wollen, von denen das eine das Gegenstück des andern ist, sodafs, wenn das eine den rechten Fufs vorsetzt, das andre den linken vorsetzt, in einem Schritt, der dem des rechten Fufses des andern

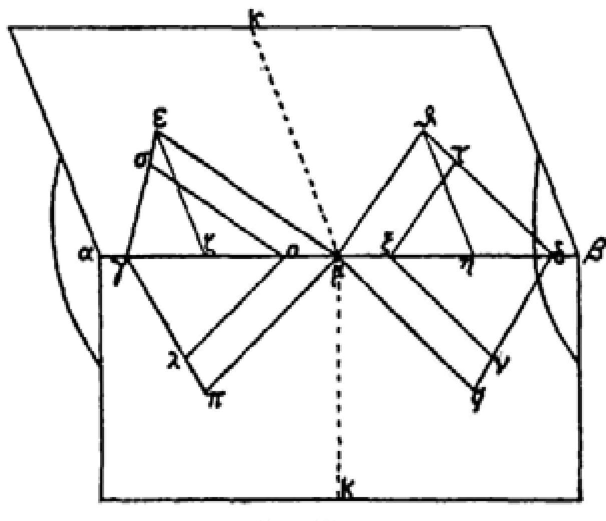



Fig. 11.

ähnlich ist — und so fort bei den übrigen Gliedern —, so verfahren wir also: Wir übertragen den auf der zweiten Tafel gegebenen Punkt ($\varepsilon = m$) nach der anderen Seite, sodafs er eine ähnliche Lage einnimmt, d. h. dafs das von dem erwähnten Punkt ($\varepsilon$) nach der gemeinsamen Linie ($\alpha\beta$) gezogene Lot ($\varepsilon\zeta$) so weit von dem einen Endpunkt entfernt ist, als die andre Senkrechte ($\vartheta\eta$) von dem andern, auf der andern Seite befindlichen, (End-)Punkte ($\gamma\zeta = \delta\eta$), und dafs dasselbe gleich ist dem anderen Lote ($\varepsilon\zeta = \vartheta\eta$). Mit anderen Worten: die den beiden Platten gemeinsame Linie sei die Linie $\alpha\beta$ und die Endpunkte der Dreiecksseite seien die Punkte $\gamma, \delta$, der gegebene Punkt der Punkt $\varepsilon$; wir ziehen nun auf die Linie $\gamma\delta$ ein Lot, nämlich das Lot $\varepsilon\zeta$ und machen die Linie $\delta\eta$ gleich der Linie $\gamma\zeta$; die Linie $\eta\vartheta$, die gleich $\varepsilon\zeta$ ist, sei die Senkrechte darauf (auf $\delta\eta$). Nun krümmen wir die Spitze des Stabes nicht nach der Richtung des Punktes $\varepsilon$, sondern nach der des

وفاعلة من الخطوط التى تصلها مثلثين مساويين للمثلثات
المعمولة من حرف[1] هولا اعنى الموسومة فى اللوح
الواحد وننقل كليهما[2] فى جهة خلف ونفرض علامات
متصلة نعمل بها اجزاء الجسم المذكورة[3] ⊙
فان اردنا ان نعمل تماثيل يخالف بعضها بعضا حتى يكون 5
اذا تقدّم احدها الرجل اليمنى يقدّم الآخر الرجل
ليسرى قدمة تشابه رجل الآخر اليمنى وعلى هذا فى
الاعضاء الاخر فانّا نعمل هكذا ننقل[4] العلامة[5] المفروضة
فى اللوح الاخر الى الجهة الاخرى حتى تكون موضوعة
وضعا متشابها اعنى ان يكون العمود الخارج من العلامة 10
المذكورة على الخط المشترك بعيدا[6] من الطرف الواحد
البعد[7] الذى احاط به الخط[8] الاخر من العلامة
الاخرى فى الجهة الاخرى ويكون مساويا للعمود الآخر
أعنى ان يكون الخطّ المشترك للّوحين خط اب وتكون
نهايات ضلع المثلّث علامتى جد والعلامة المفروضة علامة 15
ه ولنخرج على خطّ جد عمودا وهو عمود هز ولنخرج خطّ
دح مساويا لخطّ جز وليكن[9] خطّ حط المساوى لخطّ
هز القائم عليه فطرف القضيب ليس نعوّجه الى ما يلى

---

1) B om. 2) B كلنها CLK add. هولا 3) K المذكور
4) LBC add. الى 5) LC الآية 6) Codd. بعيدة 7) B
البعيدة 8) K الطرف 9) BCL الكن

Punktes $\vartheta$.*) So verfahren wir weiter, indem wir ihn (den betr. Punkt) immer nach der anderen Seite übertragen und die Körperglieder zu Gegenstücken machen.

Wie man an einer Scheibe Zähne von bestimmter Anzahl anbringt, die in eine bekannte Schraube eingreifen, wollen wir jetzt auseinandersetzen, weil es von grofsem Nutzen ist für das, was wir später darlegen wollen.

Befinde sich die Schraube bei $\alpha\beta$ und sei die Schraubenwindung nicht linsenförmig. Seien ferner die Abstände der Schraubengänge der Betrag von $\gamma\delta$, $\delta\varepsilon$, $\varepsilon\zeta$ und seien diese drei Linien einander gleich, so wollen wir eine Scheibe mit zwanzig Zähnen finden, die in die Windungen der Schrauben eingreifen. Nehmen wir irgend einen Kreis von beliebiger Gröfse an, nämlich den Kreis $\eta\vartheta\varkappa$ und sei der Mittelpunkt desselben beim Punkte $\lambda$. Teilen wir nun den Kreisumfang in zwanzig gleiche Teile, und sei einer dieser Teile der Bogen $\eta\vartheta$. Verbinden wir die Punkte $\eta\vartheta$, $\lambda\vartheta$, $\lambda\eta$ und nehmen wir die Linie $\eta\mu$ gleich einer der Linien $\gamma\delta$, $\delta\varepsilon$, $\varepsilon\zeta$ an, ziehen durch den Punkt $\lambda$ eine Parallele zu $\eta\vartheta$, nämlich $\lambda\nu$ und sei diese gleich der Linie $\eta\mu$. Verbinden wir die Punkte $\mu$ und $\nu$ durch die Linie $\mu\nu$, so wird dieselbe die Linie $\lambda\vartheta$ schneiden. Der Schnittpunkt falle in den Punkt $\sigma$. Ziehen wir nun um den Mittelpunkt $\lambda$ mit der Entfernung $\lambda\sigma$ einen Kreis, nämlich den Kreis $\sigma o\pi$, so zeigt es sich, dafs der Bogen $\sigma o$ einer der zwanzig Teile des Kreises $\sigma o\pi$ ist, weil der Bogen $\eta\vartheta$ ein zwanzigstel des Kreisumfanges $\eta\vartheta\varkappa$ ist. Der Kreis $\sigma o\pi$

---

*) In Fig. 11 habe ich den allgemeinen Fall angenommen, dafs die ähnlichen Dreiecke $\gamma\mu\pi$ und $\gamma o\lambda$ nicht gleichseitig seien, wie Hero es wahrscheinlich annahm. Deshalb habe ich zuerst auf der Plattenhälfte $\varkappa\mu\beta$ das Spiegelbild der beiden ähnlichen Dreiecke konstruiert ($\varkappa\mu\varkappa$ als Spiegel gedacht), und dann das von Hero angegebene Verfahren eingeschlagen. Zur Übertragung des nun gefundenen Punktes $\tau$ auf den neu zu konstruierenden Körper wäre dann noch ein „Ypsilon" nach dem Dreieck $\xi\nu\delta$ erforderlich. Für meine Auffassung scheint auch die handschriftliche Figur bei C. de Vaux zu I. 19. zu sprechen.

علامة ه ولكن الى ما يلى علامة ط وكذلك ندبرها[1] بنقلها[2]
الى الجهة الاخرى فنعمل اعضاء الاجسام متخالفة[3] ⊙

فامّا كيف نعمل لصفيحة ما اسنانا تكون معلومة
الكثرة[4] وتتراكب على لولب معلوم فانّا نبيّن ذلك لانّ
5 ذلك كثير المنفعة فيما نريد ان نخبّر به بعد هذا فليكن
اللولب على اب ولتكن الدوائر[5] اللولبية غير[6] عدسية
ولتكن ابعاد هذه الدوائر اللولبية قدر جد ده هز فتكون
هذه الثلثة الخطوط متساوية فنريد ان نجد صفيحة
تكون[7] ذات عشرين سنّا تتراكب على[8] الدوائر اللولبية
10 التى على اللولب فلنفرض دائرة ما تكون فى عظمها على
القدر الذى نريد وهى دائرة حطك وليكن مركزها على
علامة ل ونقسم محيط الدائرة بعشرين جزءا متساوية
وليكن احد هذه العشرين جزءا قوس حط ولنصل علامات
حط لط لح ولنفرض خطّ حم مساويا لاحد خطوط
15 جد ده هز ولنخرج من علامة ل خطّا موازيا لخط حط وهو
خطّ لن وليكن هذا الخطّ مساويا لخطّ حم ولنصل
علامتى من بخط من فانّه يقاطع خطّ لط فليكن
التقاطع على علامة س ونرسم على مركز ل ببعد[9] لس

1) Codd. ندبره 2) Codd. بنقله 3) B om. 4) BC الكثيرة 5) Codd. دائرة 6) Codd. om. 7) Codd. add. لها 8) K فى 9) K وببعد

ist aber der innere Kreis. Er ist also der zu bestimmende Kreis, wenn wir die Linie $\lambda\sigma$ um eine Linie gemäſs dem Betrag ($\sigma\varphi$) der Tiefe der Schraubengänge verlängern

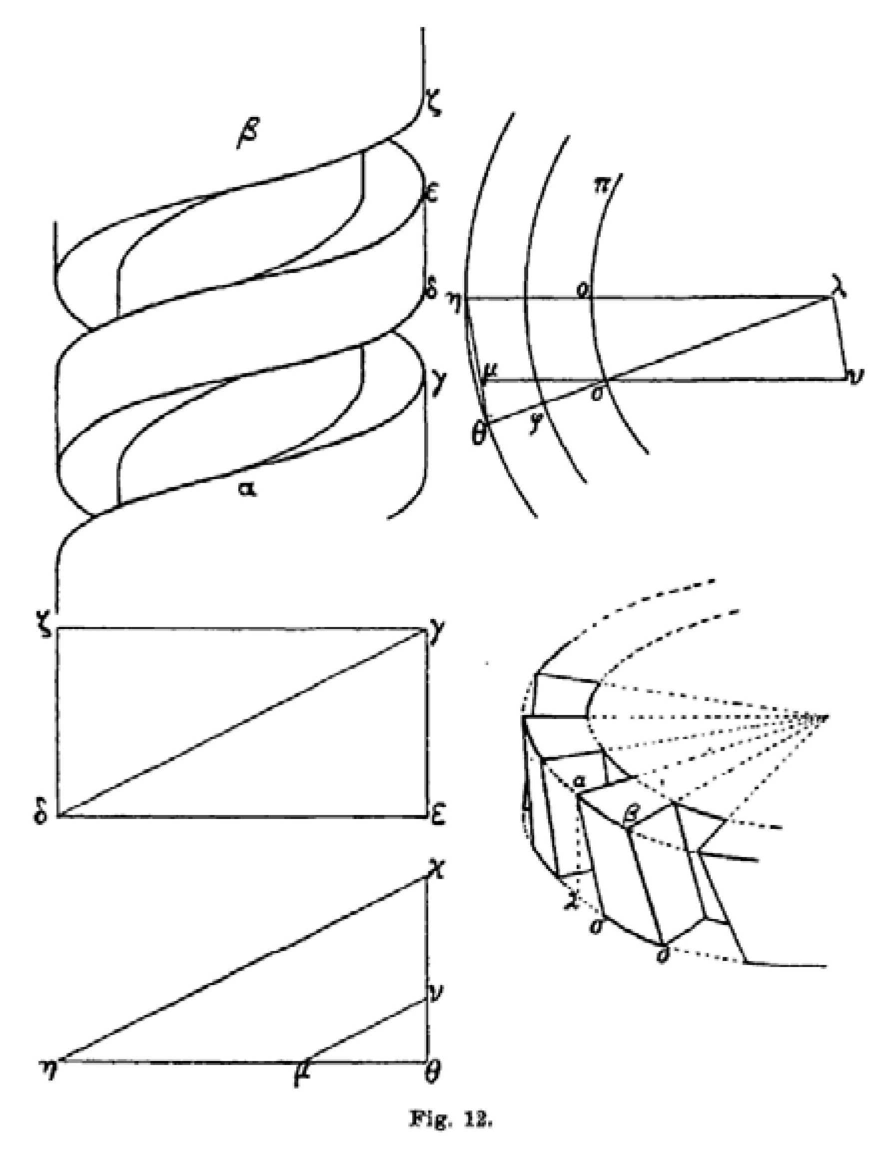



Fig. 12.

und mit dieser ganzen Linie ($\lambda\varphi$) einen Kreis um den Mittelpunkt $\lambda$ schlagen. Man muſs wissen, daſs die 5 auſserhalb des Kreises gelegenen Teile in die Tiefe der

دائرة[1] س‌ع‌ف * فيظهر لنا انّ قوس س‌ع جزء من عشرين جزءا من دائرة س‌ع‌ف[2] لان قوس ح‌ط جزء من[3] عشرين من محيط دائرة ح‌ط‌ك ودائرة س‌ع‌ف هى الدائرة الداخلة فتكون هى[4] الدائرة المحدودة اذا زدنا على خطّ ل‌س خطّا يكون[5] بقدر عمق الدوائر اللولبية 5 ورسمنا ببعد ذلك الخطّ كلّه دائرة على مركز ل وقد ينبغى ان نعلم ان قسمة خارج الدائرة ينبغى ان تتراكب فى عمق اللولب لأن س‌ع مساو لج‌د[6] امّا على الحقيقة فانّها لا تتراكب لانّ بعد ظاهر الدوائر اللولبيّة مساو لبعد الدائرة اللولبية الداخل فامّا الاسنان فانّ البعد الذى 10 بين اعلاها الخارج اكبر[7] من البعد الذى بين[8] اسفلها[9] الداخل ولأن الاختلاف فى ذلك غير محسوس لايكون منه[10] امتناع فعل وايضا ينبغى ان يكون الحفر الذى للاسنان التى[11] فى بسيط حافّة الفلكة ليس بقائمة كما قد نعلمه فى الفلك التى[12] نريد ان نركّب اسنان بعضها على 15 بعض لكنّا نصيرها مائلة لتتراكب[13] الاسنان ابدا على كل موضع حفر اللولب[14] وذلك يظهر لنا اذا قسّمنا دائرة على

---

1) K add. وهى دائرة 2) K om. 3) K om. 4) K هذه 5) K om. 6) Codd. ج‌د 7) K اكثر 8) BC om. 9) Codd. اسافلها 10) BC فيه 11) Codd. الذى 12) Codd. اللولبىّ 13) BC لتراكيب K تتراكب 14) Codd. الذى

Schraube eingreifen müssen, weil $\sigma o$ gleich $\gamma\delta$ ist. In Wirklichkeit aber greifen sie nicht ein, weil der Abstand des äufseren Teils der Schraubenwindungen gleich ist den inneren Abständen der Schraubengänge, bei den Zähnen aber der Abstand zwischen ihren äufseren Punkten gröfser 5 ist als zwischen den tiefer gelegenen inneren. Da aber der Unterschied hierbei nicht merklich ist, so entsteht daraus kein Hindernis für die Arbeit. Ferner darf man die Ausschnitte für die Zähne an der Oberfläche der Stirnseite des Rades nicht senkrecht machen, wie wir es lehren 10 für die Zahnräder, deren Zähne wir ineinander eingreifen lassen wollen, sondern wir machen sie schief, sodafs die Zähne immer in die ganze Stelle der Schraubenhöhlung eingreifen. Dies ergiebt sich uns, wenn wir einen Kreis am Rande des Rades in zwanzig einander gleiche Teile 15 teilen und von einem Teilpunkt eine Linie unter derselben Neigung wie die Neigung des Schraubenganges ziehen und die andre Seite des Rades in den ersteren entsprechende Teile teilen. Verbinden wir nun diese Punkte durch Linien auf der Oberfläche des Randes des Rades, und schneiden 20 die Zähne aus, so passen die Schraubengänge dazu und die Zähne des Rades greifen in sie ein.

Wie nun die Schiefe der Zähne auf der Stirnseite des Rades bei dem Umdrehen sein mufs — denn wir machen die Neigung der Zähne auf der Stirnseitenfläche des Rades 25 so, dafs sie in die Höhlung der Schraubenwindungen eingreifen — das wollen wir jetzt auseinandersetzen. Nehmen wir ein Rad an, und sei die Entfernung eines der Zähne die Linie $\alpha\beta$ und sei die Schraubenhöhlung auf der Schraube die Linie $\gamma\varepsilon$ zwischen zwei der Grundfläche des Cylinders 30 parallelen Linien, nämlich $\gamma\zeta$ und $\varepsilon\delta$. Nehmen wir nun zwei Linien an, deren eine auf der anderen senkrecht steht, nämlich $\eta\vartheta$ und $\vartheta\varkappa$, und sei $\varepsilon\delta$ gleich der Linie $\eta\vartheta$ und $\gamma\varepsilon$ gleich der Linie $\vartheta\varkappa$. Verbinden wir die beiden Punkte $\eta$ und $\varkappa$ und ziehen vom Punkte $\alpha$ eine Linie, die auf 35 dem Rade senkrecht steht, in der Dicke des Rades, nämlich $\alpha\lambda$, so wird $\alpha\lambda$ die Dicke des Rades sein. Sei nun die

حافة الفلكة بعشرين جزءا اقساما(1 متساوية ونخرج* على
علامة احد الاقسام خطّا مائلا على قدر ميل الدوائر
اللولبية ونقسم(2 ما يلى الجهة الاخرى من الفلكة بمثل
هذه الاقسام ونصل هذه العلامات بخطوط تكون(3 على
بسيط حافة الفلكة ثمّ نحفر الاسنان فتكون الدوائر 5
اللولبية مهندمة فتتراكب(4 عليها اسنان الفلكة فامّا كيف
ينبغى ان يكون تعويج(5 الاسنان(6 التى فى حافة الفلكة
عند التدوير فانّا(7 نعمل ميل(8 الاسنان التى(9 على
بسيط حافة الفلكة* ميلا يتراكب(10 فى حفر الدوائر اللولبية
فانّا الآن نبيّنه فلنفرض فلكة وليكن البعد الذى لاحد 10
الاسنان خطّ اب وليكن الحفر اللولبىّ الذى على اللولب
خطّ جد بين خطين موازيين(11 لقاعدة الشكل الاسطوانىّ
وهما جز هد ولنفرض خطّين يقوم(12 احدهما على الآخر
على زاوية قائمة وهما خطّا حط طك وليكن خطّ ده مساويا
لخطّ حط وخطّ جه مساويا لخط طك ولنصل علامتى 15
حك ونخرج من علامة ا خطّا قائما على الفلكة فى ثخن
الفلكة وهو خطّ ال فيكون(13 خط ال ثخن الفلكة وليكن

---

1) BC قسمة 2) C om. 3) K om. 4) K تتراكب
5) C التقويم 6) K التعويج للاسنان 7) K om. 8) Codd. مثل 9) Codd. om. 10) K مثل ما يتراكب 11) B add. يعنى دائرتين متوازيتين 12) K om. 13) BC وليكن

Linie $\vartheta\mu$ gleich der Linie $\alpha\lambda$ und ziehen wir die Linie $\mu\nu$ parallel zur Linie $\eta\varkappa$, sei ferner die Linie $\lambda\sigma$ gleich der Linie $\vartheta\nu$ auf dem anderen Kreis des Rades, und verbinden wir die beiden Punkte $\sigma$ und $\alpha$, und teilen den Kreis $\lambda\sigma$ vom Punkte $\sigma$ aus gemäſs der Anzahl der Menge der Zähne, und sei $\sigma o$ ein solcher Teil. Ziehen wir nun $o\beta$, so ist die Grube des Zahnes durch die beiden Linien $o\beta$ und $\alpha\sigma$ bestimmt. Ebenso geschehe es bei den übrigen Zähnen.

20 Manche Leute glauben, die auf der Erde liegenden Lasten lieſsen sich nur durch eine ihnen äquivalente Kraft bewegen, indem sie falschen Anschauungen huldigen. Beweisen wir also, daſs in der beschriebenen Weise gelagerte Lasten sich durch eine geringere als jede bekannte Kraft bewegen lassen, und erläutern wir den Grund, aus welchem diese Erscheinung nicht in der That offenbar wird. Denken wir uns also eine Last auf der Erde liegen, sie sei ebenmäſsig, glatt und in ihren Teilen zusammenhaftend; die Ebene, auf der die Last liegt, könne nach beiden Seiten, nämlich nach rechts und links sich neigen. Sie neige zuerst nach rechts; dann zeigt es sich uns, daſs die gegebene Last nach der rechten Seite neigt, weil es das natürliche Bestreben der Lasten ist, sich nach unten zu bewegen, wenn sie nicht etwas stützt und sie an der Bewegung hindert. Wenn sich ferner die geneigte Seite wieder zur horizontalen Ebene erhebt, und (die ganze Ebene für sich allein betrachtet) ins Gleichgewicht kommt, so wird die Last in dieser Lage erhalten bleiben. Wenn sie sich nun nach der anderen, d. i. nach der linken Seite neigt, so wird sich auch die Last nach der gesenkten Seite neigen,

1) K om. 2) K الاسنان 3) Codd. وكذلك فلتكن الاسنان الاخر K الاخرى 4) B om. 5) L يجتمع K مجتمع 6) LK بعضها 7) K كلتى 8) B om. LC يميز 9) B محفوظ LCK om. 10) Codd. om. 11) LK لئلا

خط طم مساويا لخط ال ونخرج خط من موازيا لخط
حك وليكن خط لس[1] مساويا لخط طن فى دائرة الفلكة
الاخرى ونصل علامتى س ا ونقسم دائرة لس من علامة س
بعدد كثرة الاسنان وليكن سع قسما واحدا ولنصل ع ب
فيكون حفر السنّ[2] على خطّى اس بع فلتكن كذلك 5
الاسنان الأخر[3] ⊙

[٢٠] وقد ظن قوم ان الاثقال الموضوعة على الارض
تحرّك بقوّة معادلة لها باستعمالهم الاراء الكاذبة فلنبيّن
أنّ الاثقال التى وضعها على ما وصفنا تتحرّك بقوة اقل
من كلّ[4] القوة المعلومة ونوضح العلّة التى لها صار ذلك 10
غير ظاهر فى العمل فلنتوهّم حملا ما موضوعا على الارض
وليكن معتدلا املس مجتمعا[5] بعضه[6] الى بعض وليكن
السطح الذى الثقل عليه يمكن ان يميل الى كلّ[7]
الجهتين اعنى اليمنى واليسرى فليكن اوّلا مائلا الى
اليمنى فيظهر لنا انّ الثقل المفروض يميل الى الجهة اليمنى 15
لانّ الاثقال طبيعتها ان تتحرّك الى السفل ان لم يدعمها
شىء فيمنعها من الحركة وايضا اذا استقلّت الجهة المائلة
الى السطح وصار معتدلا فانّه يصير[8] الثقل بهذا محفوظا[9]
فان مال الى الجهة الاخرى اعنى الى الجهة اليسرى فانّ
الثقل ايضا ينحط الى[10] الجهة المائلة وان كان الميل 20
يسيرا جدّا فلا[11] يحتاج الثقل الى* قوّة تحركه لكن

wenn auch die Neigung eine ganz geringe ist; also benötigt die Last nicht einer Kraft, die sie bewegt, sondern einer Kraft, die sie stützt, damit sie sich nicht bewege. Wenn nun die Last ebenfalls ins Gleichgewicht zurückkehrt, und sich nicht nach irgend einer Seite neigt, so 5 bleibt sie dabei, ohne daſs eine Kraft vorhanden ist, die sie stützt, und verharrt in Ruhe, bis sich die Ebene nach irgend einer Seite neigt, und dann neigt sie sich nach dieser Richtung. Bedarf also nicht die Last, die nach jeder beliebigen Richtung sich zu wenden bereit ist, einer 10 nur geringen Kraft, um sich zu bewegen, und zwar im Betrage der Kraft, die sie zum Neigen bringt? Also läſst sich die Last durch jede geringe Kraft bewegen.

**21** Die Gewässer nun, die sich auf nicht geneigten Ebenen befinden, flieſsen nicht, sondern sind still, ohne sich nach 15 irgend einer Seite zu neigen. Wenn ihnen aber auch nur die geringste Neigung zu teil wird, so flieſsen sie allesamt nach dieser Seite, so daſs auch nicht der geringste Teil von dem Wasser darauf bleibt, es müſsten denn gerade Vertiefungen in der Ebene sein, so daſs ge- 20 ringe Teile in der Grube dieser Vertiefungen blieben, wie es manchmal bei Gefäſsen vorkommt. Bei dem Wasser aber tritt dies ein, weil seine Teile nicht zusammenhängend, sondern leicht trennbar sind. Weil aber die zusammenhängenden Körper ihrer Natur nach nicht glatt auf ihren 25 Oberflächen sind, und sich nicht leicht ebnen lassen, so kommt es durch die Rauheit der Körper, daſs einer den andern stützt, und daher kommt es wieder, daſs sie sich an einander anlehnen wie Zahngetriebe, so daſs man sie

---

1) L om. 2) Codd. التقل 3) BCL بالتقل 4) BCL المدهى 5) B om. 6) Codd. الغير مائلة 7) B التحلحل K التحليل 8) B الاجسام 9) K add. لم 10) B يشتبك 11) Codd. صارت 12) B om. L اتم 13) Codd. الاحابات

يحتاج الى(1 قوّة تدعمه لئلّا يتحرك فاذا صار الثقل ايضا
معتدلا غير مائل الى جهة من الجهات فانّه بهذا بلا ان
تكون له قوّة تدعمه فلا يزال هادنا الى ان يميل السطح(2
الى اىّ جهة كانت فانّه يميل الى تلك الجهة* فالثقل(3
المتهيأ(4 للذهاب الى كلّ جهة(5 كيف لا تكون حاجته 5
فى ان يتحرك الى قوّة يسيرة قدر القوة التى تميله فاذا
الثقل يتحرك بكلّ قوة يسيرة ⊙

[٢١] فالمياه التى على السطوح غير المائلة(6 فانّها
تكون غير سائلة بل تكون ثابتة لا تميل الى جهة من
الجهات فاذا نالها اقلّ ميل فان جميعها يميل الى تلك 10
الجهة حتى لا يبقى اقلّ جزء من الماء ثابتا عليه الّا ان
يكون فى السطح اغوار فتبقى اجزاء يسيرة فى قعر الاغوار
كما قد يعرض فى الآنية ولكن الماء قد ناله هذا لانّ اجزاءه
غير متصلّة شديدة التحلّل(7 وامّا الاجساد(8 المتصلة
فمن اجل انّها فى طبعها غير ملسة فى بسائطها ولا يملسها 15
سهل فانّه يعرض من خشونة الاجساد(8 ان(9 يدعم بعضها
بعضا فيعرض من ذلك ان يستند(10 احدها بالآخر
كالاضراس فتمنع من ذلك لانّها اذا تكاثرت واتّصلت
باجتماع بعضها الى بعض تحتاج الى اجتماع قوّة عظيمة
فمن التجربة صار(11 لهم(12 معلّم صاروا يرصفون تحت 20
اللجآت(13 خشبا تكون بسائطها فى هيئة الاساطين

daran hindert; denn wenn sie zahlreich und eng miteinander verbunden sind durch die gegenseitige Vereinigung, bedarf es einer vereinten, großen Kraft. Aus der Erfahrung zog man nun die Lehre; man fing nämlich an unter die „Schildkröten" Holzstücke, deren Oberfläche cylindrisch geformt ist, zu legen, die nur einen kleinen Teil der Ebene berühren, weshalb nur die allergeringste Reibung eintritt. Man benutzt nun Pfähle, sodaſs sich die Last leicht darauf bewegen läſst, unter der Bedingung, daſs die Last sich um das Gewicht des Gerätes vermehrt. Andere befestigen gehobelte Bretter auf dem Boden, wegen ihrer Glätte und beschmieren sie mit Fett, damit die darauf vorhandene Rauheit geglättet werde, und bewegen dann die Last mit ganz geringer Kraft. Was nun die Cylinder betrifft, so lassen sie sich, wenn sie schwer sind und so auf der Erde liegen, daſs nur eine einzige Linie die Erde berührt, mit Leichtigkeit bewegen, und ebenso die Kugeln, worüber wir schon gesprochen haben.

22 Wenn wir nun eine Last nach einem höheren Orte heben wollen, so bedürfen wir einer der Last gleichen Kraft. Denken wir uns eine, in der Höhe angebrachte, bewegliche Rolle, senkrecht zur Ebene, die sich um die Mittelpunkte auf einer Achse leicht bewegen läſst. Um ihre Randfläche liege ein Seil, dessen eines Ende an der Last befestigt sei; das andre befinde sich bei der ziehenden Kraft. Nun behaupte ich, daſs diese Last sich durch eine ihr gleiche Kraft bewegen läſst. Sei an dem anderen Ende des Seiles keine Kraft, sondern ein andres Gewicht befestigt, so wird es sich uns zeigen, daſs die Rolle, wenn die Gewichte gleich sind, sich nicht nach irgend einer Seite bewegt, und daſs das erste Gewicht nicht stark genug ist für das zweite angebundene, noch das Gewicht für die Last, weil das zweite angebundene Ge-

1) BCL بزيد 2) B برصفون 3) B سطح 4) Codd. الواح 5) B حنافة K حنانة 6) B om. 7) LC om.

فلا تماسّ من السطح الّا جزءا يسيرا ولا يعرض من ذلك
من الخشونة الّا اقلّ ذلك ويستعملون الاوتاد فيتحرّك
الثقل عليها بسهولة على انّه قد زيد([1] على الثقل ثقل الاداة
واقوام يرصون([2] على السطح([3] الواحا([4] منحوتة لملاستها
ويطلونها بدسم لان تتملّس الخشونة التى عليها فيحرّكون 5
الثقل بايسر قوّة فامّا الاساطين فانّها اذا كانت ثقالا
وكانت ملقاة على الارض حتى لا ينال الارض منها
الا ضلع واحد فانّها تتحرك بسهولة وكذلك ايضا الاكرّ
وهذا قد تقدّم فى قولنا ⊙

[٢٢] فان اردنا ان نحمل الثقل الى جهة عليا فانّا 10
عند ذلك نحتاج الى قوّة مساوية للثقل فلنتوهّم حناية([5]
متعالية متحرّكة قائمة على سطح ولتكن متحرّكة([6] على مراكز
على محور حركة سهلة وليكن على بسيط حافتها حبل
يكون احد طرفيه مشدودا بالحمل وطرفه الاخر عند القوّة
الجاذبة فاقول انّ ذلك الثقل يتحرّك بقوة مساوية له 15
ولا يكون عند طرف الحبل الاخر قوّة بل يكون ثقل اخر
مشدودا فيه فيظهر لنا انّ الاثقال اذا كانت متساوية
فانّ الحناية لا تميل الى جهة من الجهات ولا يقوى الثقل([7]
الاول على الثقل المرتبط الثانى ولا الثقل على الحمل لان
الثقل المشدود الثانى مساو للحمل الاول فاذا زيد فى 20
الثقل قدر ما يسير فانّ الثقل الاخر ينجذب الى الجهة

wicht gleich der ersten Last ist. Wird aber dem Gewicht ein geringer Betrag hinzugefügt, so wird das andre Gewicht nach oben gezogen. Wenn also die die Last bewegende Kraft größer als die Last ist, so ist sie stark genug dafür und bewegt sie, außer wenn sich Reibung bei dem Drehen der Rolle oder Steifigkeit bei den Seilen einstellt, so daß daraus ein Hindernis für die Bewegung entsteht.

23 Was nun die auf schiefen Ebenen befindlichen Lasten angeht, so haben sie das natürliche Bestreben sich gleichfalls nach unten zu bewegen, wie es die Bewegung aller Körper ist. Wenn sich das nicht so wie erwähnt verhält, so müssen wir auch hier an die bereits vorhin erwähnte Ursache denken. Nehmen wir also an, wir wollten eine Last auf einer schiefen Ebene nach oben bewegen. Ihr Boden sei glatt und eben, gleichfalls so auch der Teil der Last, den er unterstützt. Zu dem Zwecke müssen wir auf der anderen Seite eine Kraft oder ein Gewicht anbringen, daß es zunächst der Last gleichkomme, d. h. ihr das Gleichgewicht halte, damit der Überschuß der Kraft über dieselbe stark genug sei für die Last und sie nach oben hebe. Damit unsere Behauptung sich als recht erweise, wollen wir sie an einem gegebenen Cylinder beweisen. Da kein großer Teil des Cylinders den Boden berührt, so hat er das natürliche Bestreben nach unten zu rollen. Denken wir uns nun eine Ebene, die durch die Linie, welche den Boden berührt, geht und senkrecht auf diesem Boden steht, so ergiebt sich, daß diese Ebene durch die Achse des Cylinders geht, und denselben in zwei Hälften teilt; denn wenn eine Linie einen Kreis berührt, und man im Berührungspunkte eine Senkrechte errichtet, so geht diese durch den Kreismittelpunkt. Legen wir ferner durch dieselbe Linie, nämlich die Linie des

1) L ينبغى 2) LK om. 3) Codd. om. 4) K يصلح
5) LK كثير 6) L om. 7) K عن

العليا فالقوّة اذا المحرّكة للحمل ان كانت اعظم من الحمل
فانّها تقوى عليه وتحرّكه الّا ان تعرض خشونة فى تدوير
الحناية او صلابة فى القلوس فيكون من ذلك امتناع
الحركة ⊙

[٢٣] فامّا الاثقال التى على السطوح المائلة فانّ 5
طبيعتها ان تميل الى السفل ايضا كما قد تكون حركة
جميع الاجسام فان لم يكن هذا كما ذكرنا فينبغى[1] ان
نتوهّم فيه ايضا العلّة التى ذكرناها قبل هذا فلنفرض
انّا نريد ان نحرّك ثقلا ما[2] على سطح مائل الى ما يلى العلوّ
ولتكن ارضه لينة ملسة وكذلك ايضا جزء الثقل الذى 10
تدعمه فنحتاج فى هذا ان نكتسب قوّة ما او ثقلا ما من
الجهة الاخرى ليقوى اوّلا على الثقل اعنى ان يعادله
لتكون القوّة الزائدة عليه تقوى على الثقل فترفعه الى ما[3]
فوق ولان يصح[4] قولنا نبيّن ذلك فى اسطوانة موضوعة
فان الاسطوانة من اجل انّه لا ينال الارض منها كبير[5] 15
جزء فانّها فى طبيعتها ان[6] تتدحرج الى اسفل فلنتوهم
سطحا ما خارجا على[7] الضلع الذى يماسّ الارض قائما
على تلك الارض فيظهر لنا انّ ذلك السطح يجوز على
محور الاسطوانة ويقطعها بنصفين لانّه اذا كانت دائرة ما
يماسّها خطّ واخرج من علامة المماسّة خطّ على زاوية قائمة 20
فانّ ذلك الخطّ يقع على مركز الدائرة وايضا نخرج على

Cylinders, eine Ebene senkrecht zum Horizont, so wird sie nicht die zuerst gelegte Ebene sein, und den Cylinder in zwei verschiedene Teile teilen, deren kleinerer nach oben, und deren gröſserer nach unten zu liegt. So hat der gröſsere das Übergewicht über den kleineren, da er 5 gröſser ist als er, und der Cylinder rollt. Wenn wir uns nun auf der anderen Seite der senkrecht zum Horizont gelegten Ebene, von dem gröſseren Teile den Betrag seines Übergewichts über den kleineren weggenommen denken, so halten sich die beiden Teile das Gleichgewicht, 10 und das Gewicht beider verharrt auf der den Boden berührenden Linie, ohne sich nach irgend einer Seite zu neigen, nämlich weder nach oben, noch nach unten. Wir bedürfen also einer dieser Differenz äquivalenten Kraft, die ihm Stand hält. Wenn aber dieser Kraft ein geringer 15 Überschuſs hinzugefügt wird, so erlangt sie das Übergewicht über die Last.

**24** Ich halte nun dafür, daſs es notwendig erforderlich ist, die der Mechanik Beflissenen darüber aufzuklären, was die Schwerkraft und was der Schwerpunkt ist, sei 20 es nun bei einem Körper oder bei einem Nichtkörper. Daſs man von Schwerkraft und Neigung in Wahrheit nur bei Körpern redet, wird niemand abweisen. Wenn wir aber bei geometrischen Figuren, körperlichen und ebenen, sagen, daſs der Neigungs- und der Schwerpunkt 25 ein gewisser Punkt sei, so hat das Archimedes zur Genüge erläutert. Man muſs es also verstehen auf Grund dessen, was wir jetzt darüber auseinandersetzen. Posidonius, ein Stoiker, hat den Schwer- und Neigungspunkt in einer natürlichen (physikalischen?) Definition bestimmt und gesagt: 30 der Schwer- oder Neigungspunkt ist ein solcher Punkt, daſs, wenn die Last in demselben aufgehängt wird, sie in zwei gleiche Teile geteilt wird. Deshalb haben Archimedes

---

1) Codd. اذا 2) Codd. ازيد 3) LCK الجسم 4) B om. 5) L وليكن C وان يكون 6) BL om.

ذلك الضلع اعنى ضلع الاسطوانة سطحا آخر قائما على
الافق فانّه لا يكون السطح المخرج الاوّل يقسم الاسطوانة
بقسمين مختلفين يكون اصغرهما ممّا يلى الجهة العليا
واعظمهما ممّا يلى الجهة السفلى فيقوى اعظمهما على اصغرهما
ذ(1 كان اعظم منه فتدحرج الاسطوانة فان توهّمنا فى 5
الجهة الاخرى من السطح المخرج القائم على الافق انّه
قد نقص من القسم الاعظم قدر زيادته على القسم الاصغر
فان القسمين يعتدلان فيكون ثقل جميعهما ثابتا على
ذلك الضلع المماسّ للارض فلا يميل الى جهة من الجهات
اعنى لا الى ما يلى العلو ولا الى ما يلى السفل فتحتاج حينئذ 10
الى قوّة معادلة له تقاومه فاذا زيد(2 على تلك القوّة زيادة
ما يسيرة قويت على الثقل ⊙

[٢٤] وقد ارى انّه يجب باضطرار ان نخبّر متعلمى
صناعات الحيل ما ذا الميل وما مركز الثقل فى جسم(3
كان ذلك او فى(4 غير جسم وأمّا أنْ يكون(5 الميل 15
والانحراف لايقال بالاستحقاق الّا فى الاجسام فان ذلك
ليس يدفعه احد فان قلنا فى الاشكال المساحية
المجسّمة والسطوحية انّ مركز الميل ومركز الثقل علامة
ما فان ذلك قد اوضحه ارشميدس بما فيه كفاية فينبغى
ان يفهم هذا على ما هوذا نخبّر به انّ بوسيدونيوس 20
الذى من اصحاب الرواق قد حدّ مركز الميل والثقل(6

und seine Anhänger in der Mechanik diesen Satz spezialisiert und einen Unterschied gemacht zwischen dem Aufhängepunkt und dem Schwerpunkt. Was nun den Aufhängepunkt betrifft, so ist es ein solcher Punkt auf dem Körper oder Nichtkörper, daſs, wenn der aufzuhängende Gegen- 5 stand daran aufgehängt wird, seine Teile sich im Gleichgewicht befinden, damit meine ich, daſs er nicht schwankt und sich nicht neigt. Denn Gleichgewicht tritt ein, wenn ein Gegenstand dem andern an Gewicht gleich ist, wie es bei den Wagen der Fall ist, wenn sie parallel der 10 Ebene des Horizontes oder einer derselben parallelen Ebene schwanken. So sagt Archimedes: Lasten neigen sich nicht auf einer Linie und auf einem Punkte. Auf einer Linie wird, wenn die Last auf zwei Punkten jener Linie ruht, so daſs die Linie sich nicht neigt, und die durch jene 15 Linie senkrecht zum Horizont gelegte Ebene, wie immer auch die Linie bewegt werden mag, senkrecht bleibt, die Last sich durchaus nicht neigen. Wenn wir sagen: die Last neigt sich, so meinen wir damit nur ihr Sichsenken nach unten, d. h. ihre Bewegung nach der Erde zu. 20 Was aber das Gleichgewicht auf einem Punkte betrifft, so tritt es ein, wenn die Last in demselben aufgehängt ist, und die Teile des Körpers bei jeder Bewegung, die er macht, gleichmäſsig zu einander liegen. Eine Last hält einer anderen das Gleichgewicht, wenn sie an zwei 25 Punkten einer in zwei Hälften geteilten Linie und in dem Teilungspunkt dieser Linie aufgehängt sind, und diese Linie dem Horizont parallel ist, nachdem die Beträge der Lasten zu einander im Verhältnis stehen wie die Beträge ihrer verwechselten Abstände von ihren Aufhänge- 30 punkten. Daſs in dieser Weise aufgehängte Lasten einander das Gleichgewicht in der Neigung halten, hat Archimedes in seinen Schriften über das Gleichgewicht an

---

1) K الحدّ الطبيعى 2) B om. 3) K بهذا 4) BCL الميزان 5) B om. 6) B حرّك 7) Codd. om. 8) Codd. om.

بحد طبيعي[1] فقال ان مركز الثقل او الميل هو علامة
ما اذا علّق الثقل بها كان منقسما بقسمين متساويين
فمن اجل ذلك ارشميدس ومن اقتدى به من اهل صناعة
الحيل ميّزوا هذا القول وفصلوا بين العلاقة وبين مركز
الميل امّا العلاقة* فانّها علامة[2] ما على الجسم او غير 5
الجسم اذا علق بها[3] المعلق تعادلت اجزاؤه اعنى
بذلك ان لا يترجّح ولا يميل فانّ المعادلة هي اذا عادل
شيء شيأ كما قد يعرض في الموازين[4] اذا كانت مضطربة
موازية* لسطح الافق او سطح ما كان موازيا[5] له كما
قال ارشميدس ان الاثقال تكون غير مائلة على خطّ وعلامة 10
امّا على خطّ اذا كان الثقل على علامتين من ذلك الخطّ
فلم يكن يميل الخط وكان السطح الخارج على ذلك
الخطّ القائم على الافق كيف حوّل[6] الخط كان قائما
فانّه[7] لا يميل الثقل[8] على الخطّ بتّة فامّا اذا قلنا الثقل
مائل فانّا انّما نريد انحطاطه الى السفل اى حركته الى 15
ما يلى الارض وامّا المعادلة التى تكون على العلامة فانّها
قد تكون اذا كان الثقل معلّقا بها وكان الجسم في كل
حركة تحرك متساوية اجزاؤه بعضها ببعض والثقل يعادل
ثقلا اخر اذا كان عند تعليقهما على علامتين من خطّ
مقسوم بنصفين وعلى العلامة التى قسم عليها كان الخطّ 20
موازيا للافق بعد ان تكون اقدار الاثقال بعضها الى بعض

Figuren, bei denen Hebel zur Anwendung kommen, bewiesen.

Aufhänger und Stützen weisen dieselben Erscheinungen auf, weil der Aufhänger und die Stütze einer Kraft (oder: und die Stütze der Kraftleistung nach?) dasselbe sind, denn die Stützen, auf die eine Last gelegt wird, sind es, die die Last tragen. Derartige Stützen können sehr zahlreich, ja unbegrenzt an Zahl sein.

Was nun den Neigungsmittelpunkt angeht, so ist er ein einziger Punkt in jedem von den Körpern, zu dem die von den Aufhängepunkten (zum Horizont) senkrechten Linien hinneigen. Manchmal liegen auch die Neigungsmittelpunkte bei einzelnen Körpern aufserhalb ihrer Substanz, wie es bei Rädern und Ringen der Fall ist. Dafs nun die Aufhängelinien sich in einem ihnen gemeinsamen Punkte treffen, wird uns klar werden, wenn wir uns eine auf dem Horizont senkrechtstehende Ebene denken, und dieselbe irgend einen Körper nach dem Gleichgewicht schneidet. Denn es zeigt sich uns, dafs der Körper durch die Ebene in zwei Hälften geteilt wird; dann geht dieselbe also durch den Körper. Wenn wir nun noch eine andre Ebene denken, die den Körper wie jene Ebene schneidet, so durchdringt sie ihn wie jene Ebene und die beiden Ebenen schneiden sich in einer Linie. Denn ginge die Schnittlinie nicht durch den Aufhängepunkt, so zeigte es sich, dafs dieselben Körper im Gleichgewicht und nicht im Gleichgewicht seien.

Wenden wir jetzt diese Schlufsfolgerung auf die Stützen an. Denken wir uns einen Körper auf einer Linie liegen, die auf einer Ebene senkrecht steht, und es liege der Körper im Gleichgewicht seiner Teile auf dieser Linie. Wenn nun diese Linie verlängert wird, so geht sie durch den Körper. Denn fällt die verlängerte Linie aufserhalb des Körpers, so fällt auch die durch sie gelegte Ebene

---

1) BCL للميل 2) B om. 3) Codd القطع 4) CLK om.

كقدر ابعادها المبادلة من العلامات التى هى معلّقة عليها
امّا ان تكون الاثقال المعلقة على هذه الجهة متعادلة
الميل([1] فان ارشميدس قد بين ذلك فى كتبه فى
المعادلات فى الاشكال التى تستعمل فيها الامخال وقد
يعرض للعلاقات والقوائم شىء واحد لان العلاقة والقائمة 5
بالقوّة هما شىء واحد فان القوائم التى يتعلق فيها الثقل
هى التى تحمل الثقل وقد يعرض ان تكون هذه القوائم
كثيرة جدّا غير متناهية الكثرة فامّا مركز الميل فانّه فى كل*
واحد من الاجسام علامة ما([2] واحدة تميل اليها القوائم
التى من العلاقات وقد تكون مراكز الميل فى بعض 10
الاجسام خارجا عن جواهرها كما قد يعرض فى الحنايات
والاسورة امّا ان تكون خطوط العلاقات تجتمع الى نقطة
واحدة مشتركة لها فانّ ذلك يتبيّن لنا اذا توهّمنا سطحا
ما قائما على الافق وكان يقطع جسما ما باعتدال فانّه
يظهر لنا ان ذلك السطح يقسم به الجسم بنصفين فانّه 15
اذًا ينفذ فى الجسم واذا توهّمنا ايضا سطحا اخر يقطع
الجسم مثل ذلك السطح([3] فانّه ينفذ فيه كنفاذ هذا السطح
ويتقاطعان السطحان على خط فان وقع التقاطع على غير
العلاقة عرض من ذلك ان تكون الاجسام متعادلة وغير
متعادلة فلننقل الآن هذا القول الى القوائم ونتوهم جسما قائما 20
على* خطّ قائم على([4] سطح وليكن الجسم معتدل الاجزاء قائما

aufserhalb desselben; das ist, wie wir eben gesehen, unmöglich. Also geht die Linie durch den Körper und teilt ihn in zwei das Gleichgewicht haltende Teile. Nehmen wir nun als Gleichgewichtspunkt einen anderen als diesen Punkt an, so zeigt sich hierbei dasselbe wie bei dem ersten, dafs nämlich die durch jenen Punkt gezogene Linie mitten durch den Körper geht, so dafs die beiden Linien von einander entfernt sind. Wenn nun durch dieselben zwei Ebenen gelegt werden, so schneiden sich dieselben nicht; denn man kann durch zwei Linien zwei Ebenen legen, die sich nicht schneiden. Es tritt also hier dasselbe ein wie im ersten Fall; es ist also nicht möglich. Daran sieht man, dafs die Ebenen sich schneiden und die Linien sich treffen, so dafs sie in eine Ebene fallen.

Wenn nun diese Ebene nach der Oberfläche des Körpers gezogen wird, so macht sie den Schnittpunkten gemäfs eine Linie. Dann giebt es einen dritten aufserhalb dieser Linie fallenden Punkt. Nehmen wir nun diesen Punkt ebenfalls als Gleichgewichtspunkt an, über welchem der Körper im Gleichgewicht ruht, und ziehen wir durch diesen Punkt eine Stützlinie, so wird diese Linie, nach dem bereits Gesagten, wenn sie gezogen wird, auf jene zwei Linien, durch welche die Ebene gelegt wurde, stofsen, aber nicht auf einen anderen Punkt, aufser ihrem Schnittpunkt. Denn wenn irgend eine Linie zwei sich schneidende Linien trifft, jene aber in einer anderen Ebene liegt, so trifft sie dieselben in ihrem Schnittpunkte. Wenn aber ihr Zusammentreffen mit den beiden nicht in ihrem Schnittpunkte stattfindet, so liegt notwendigerweise ein Teil der Linie in einer Ebene, und der Rest in einer anderen.

---

1) B om. 2) Codd. علامة 3) Codd. على 4) Codd. om. 5) Codd. على بسيط الجسم 6) Codd. الخطّ 7) Codd. الذى 8) BCL السطحان K السطحين 9) Codd. عليه

على ذلك الخطّ فاذا اخرج ذلك الخطّ فانّه ينفذ فى الجسم
فان وقع الخطّ المخرج خارج الجسم فانّ السطح المخرج
عليه يقع ايضا خارج الجسم وذلك قد ظهر انّه غير ممكن
فاذًا الخطّ ينفذ فى الجسم ويقسمه بقسمين معتدلين
فان توهّمنا علامة[1] الاعتدال علامة اخرى ايضا غير تلك 5
فانّه قد يعرض فى ذلك ايضا مثل الذى عرض فى الاول
اعنى ان يكون الخطّ المخرج على تلك العلامة ينفذ فى
وسط الجسم فيكون الخطّان متباينين فاذا اخرج عليهما
سطحان لم يتقاطعا فانّه قد يمكن ان يخرج على خطين
سطحان لا يتقاطعان فيعرض فى هذا مثل الذى عرض 10
فى الاول فيكون هذا غير ممكن فمن اجل هذا نعلم ان
السطوح تتقاطع والخطوط تتلاقى فتكون فى سطح
واحد فاذا اخرج ذلك السطح الى بسيط الجسم فانّه
يفعل خطّا على علامات[2] التقاطع فتكون علامة ثالثة واقعة
خارجا عن[3] هذا الخط ونتوهم هذه العلامة علامة[4] 15
المعادلة ايضا يكون الجسم معتدلا عليها ونخرج من
العلامة خطّا* فى وسط الجسم[5] فللذى تقدّم من قولنا
اذا اخرج هذا الخطّ يقع على ذلك الخطين[6] اللذين[7]
اخرج السطح[8] عليهما[9] ولا يقع على علامة اخرى غير علامة
تلاقيهما لانّه اذا لاقى خطّ ما خطّين متقاطعين وهو فى 20
سطح* آخر فانّه يلاقيهما على علامة تقاطعهما فان لم تكن

Also vereinigen sich alle Linien, die zum Aufhängen dienen, in einem Punkte, nämlich demjenigen, der Neigungs- und Schwerpunkt genannt wird.

**25** Es ist nun dringend notwendig einige Erklärungen über den Druck, den Transport und das Tragen mit 5 Rücksicht auf die Quantität zu geben, wie sie sich zu einer Einleitung eignen. Denn Archimedes hat bereits über diesen Teil ein sicheres Verfahren in seinem Buche, das den Titel „Buch der Stützen" führt, eingeschlagen. Wir wollen davon das übergehen, was wir für andre 10 Dinge nötig haben und jetzt davon das, was sich auf den Betrag der Quantität bezieht, benützen, wie es sich für die Studierenden eignet. Der allgemeine Gesichtspunkt hierbei ist dieser: Wenn man beliebig viele Säulen hat und auf diesen Querbalken oder eine Mauer liegen, und 15 zwar in gleicher oder verschiedener Lage auf den beiden äufsersten derselben (der Säulen), so dafs sie über eine derselben oder beide zugleich hinausragen, und wenn die Entfernung zwischen den Säulen gleich oder verschieden ist, so wollen wir erfahren, wieviel von der Last jede der 20 Säulen trifft. Ein Beispiel dafür ist folgendes: Wenn man einen langen Balken von gleichmäfsigem Gewicht hat, den gleichmäfsig auf die Länge und die Enden des Balkens verteilte Männer tragen, und eines oder beide der Enden überragt, so wollen wir von jedem Manne 25 wissen, wieviel von der Last auf ihn kommt; denn die Frage ist in beiden Fällen gleich.

**26** Es liege also eine gleichmäfsig dicke und gleichmäfsig dichte Last, $\alpha\beta$, auf Säulen. Sie liege auf zwei Säulen, nämlich $\alpha\gamma$ und $\beta\delta$; so trifft jede der beiden Säulen $\alpha\gamma$, 30 $\beta\delta$ die Hälfte der Last $\alpha\beta$. Sei nun noch eine dritte Säule $\varepsilon\zeta$ vorhanden, und teile sie die Entfernung $\alpha\beta$ beliebig; so wollen wir von jeder der Säulen $\alpha\gamma$, $\varepsilon\zeta$,

---

1) B om. 2) LC om. 3) LC om. 4) BCL ومثل
5) BCL أيضا K om. 6) Codd. om. 7) B بنوية

ملاقاته لهما على علامة تقاطعهما يجب ان يكون بعض
الخطّ فى سطح وباقيه فى سطح[1] آخر فاذًا جميع
الخطوط التى للعلاقة تجتمع الى علامة واحدة وهى التى
تسمى مركز الميل والثقل ⊙

[٢٥] وقد يجب باضطرار ان نوضح شيئًا فى الكبس 5
والثقل والحمل على جهة الكميّة ما يكون يصلح للمدخل
فان ارشميدس قد استعمل فى هذا الجزء صناعة متّقنة
فى كتابه المسمّى كتاب القوائم ونحن نضع ما نحتاج
اليه منه فى اشياء اخر وامّا الآن فانّا نستعمل من ذلك ما
كان على قدر[2] الكمية على ما يصلح للمتعلمين والجهة فى 10
ذلك هى هذه اذا *كانت اساطين كم كانت وكان عليها
عوارض او حائط ما وكان موضوعا* عليها وضعا[3] متساويا
او كان مختلف الوضع على اطرافها وكان زائدا على احد
الطرفين او على الطرفين جميعا وكان البعد الذى بين
الاساطين متساويا او مختلفاً فانّا نريد ان نعرف كم ينال 15
كل واحدة من الاساطين من الثقل ومثال[4] ذلك انه[5]
اذا كانت خشبة طويلة مجتمعة الثقل وكان رجال يحملونها
متساويين فى طول الخشبة وفى اطرافها ويكون احد
اطرافها فاضلا او جميعها فانّا[6] نريد انْ نعرف كل واحد
من الرجال كم يناله[7] من الثقل فان المطلوب فى 20
جميعها واحد ⊙

$\beta\delta$ wissen, wieviel von der Last auf sie kommt. Denken wir uns nun die Last $\alpha\beta$ im Punkte $\varepsilon$ nach einer auf der Säule Senkrechten geteilt, so zeigt es sich, dafs der Teil $\alpha\varepsilon$ jede der beiden Säulen $\alpha\gamma$, $\varepsilon\zeta$ mit seinem halben

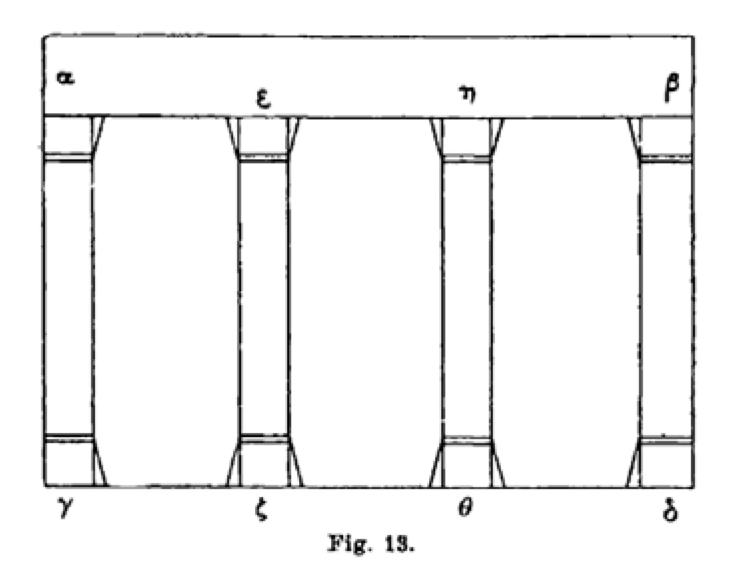



Fig. 13.

Gewichte und der Teil $\varepsilon\beta$ jede der beiden Säulen $\varepsilon\beta$, $\beta\delta$ 5 mit seinem halben Gewichte trifft, weil es keinen Unterschied für das, was die Säulen trifft, macht, ob der daraufgelegte Gegenstand zusammenhängend oder unterbrochen ist; denn mag er zusammenhängend oder unterbrochen sein, er ruht ganz auf der Säule. Auf die Säule $\varepsilon\zeta$ 10 kommt also die Hälfte des Gewichtes von $\varepsilon\beta$ und die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\varepsilon$, d. i. die Hälfte des ganzen Gewichtes von $\alpha\beta$; und auf die Säule $\alpha\gamma$ kommt die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\varepsilon$, auf $\beta\delta$ die Hälfte von $\varepsilon\beta$. Teilen wir nun die Hälfte von $\alpha\beta$ im Verhältnis des Ab- 15 standes $\alpha\varepsilon$ zum Abstande $\varepsilon\beta$, so fällt das Gewicht des $\alpha\varepsilon$ proportionalen Teiles auf $\alpha\gamma$ und das der Entfernung $\varepsilon\beta$ entsprechende Gewicht auf $\beta\delta$.

Stellen wir nun noch eine Säule auf, $\eta\vartheta$, so ergiebt sich, dafs auf $\alpha\gamma$ die Hälfte von $\alpha\varepsilon$, auf $\beta\delta$ die Hälfte 20 von $\eta\beta$, auf $\varepsilon\zeta$ die Hälfte von $\alpha\eta$ und auf $\eta\vartheta$ die Hälfte

[٢٦] فليكن ثقل متساوى الثخن متساوى الاجزاء
على الاساطين وهو اب وليكن موضوعا على اسطوانتين وهما
اج بد فتكون كل واحدة من اسطوانتى اج بد ينالها
نصف ثقل اب فلتكن ايضا اسطوانة اخرى وهى هز وتفصل
بعد اب كيف ما وقع فنريد ان نعرف كل واحدة من 5
اساطين اج هز بد كم ينالها من الثقل فلنتوهّم ثقل اب
مقسوما على علامة ه قسمة على خطّ[1] قائم على اسطوانة
فيظهر لنا ان جهة اه ينال كل واحدة من اسطوانتى
اج هز نصف ثقلها وجهة هب ينال كل واحدة من اسطوانتى
هز بد نصف ثقلها لانه لا يكون اختلاف فيما ينال 10
الاساطين اذا كان الموضوع عليها متصلا او كان منفصلا
لانه متصلا* كان او منفصلا[2] فان جميعه على الاسطوانة
فاذًا اسطوانة هز ينالها نصف ثقل هب ونصف ثقل اه اعنى
نصف جميع ثقل اب واسطوانة اج ينالها نصف ثقل اه
واسطوانة بد ينالها نصف ثقل هب فان قسمنا نصف اب 15
على نسبة بعد اه[3] الى بعد هب فان ثقل القسم المشابه
لنسبة اه ينال اج والثقل المناسب لبعد هب ينال بد
وايضا فلنضع اسطوانة اخرى وهى حط فيظهر لنا ان اج
ينالها نصف اه* و بد ينالها نصف حب و هز ينالها نصف

1) B حائط 2) B om. 3) Codd. اب

von $\varepsilon\beta$ fällt. Die Hälfte von $\alpha\varepsilon$ plus der Hälfte von $\eta\beta$ plus der Hälfte von $\alpha\eta$ plus der Hälfte von $\varepsilon\beta$ ist aber das Ganze $\alpha\beta$, und das ist es, was auf den Säulen zusammen liegt. Wenn der Säulen noch mehr sind, so erkennen wir durch dasselbe Verfahren, wieviel Gewicht 5 auf jede von ihnen kommt.

27 Wenn dem so ist, so nehmen wir die Stützen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ in gleicher Lage an; es liege auf ihnen ein gleichmäſsig dicker und schwerer Körper, nämlich $\alpha\gamma$. Wir haben eben gesagt, 10 daſs auf jede der beiden Stützen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\gamma$ fällt. Versetzen wir nun die 15 Stütze $\gamma\delta$ und nähern sie $\alpha\beta$, nämlich an die Stelle $\varepsilon\zeta$, so wollen wir wissen, was von dem Gewichte auf $\alpha\beta$ 20 und $\varepsilon\zeta$ entfällt. Wir behaupten nun, daſs die Entfernung $\alpha\varepsilon$ entweder gleich der Entfernung $\varepsilon\gamma$ oder kleiner oder gröſser als dieselbe ist. Sie sei 25 zuerst ihr gleich, so zeigt es sich uns, daſs das Gewicht von $\alpha\varepsilon$ dem Gewichte von $\varepsilon\gamma$ das Gleichgewicht hält. Wenn wir also die Stütze $\alpha\beta$ wegnehmen, bleibt das Gewicht $\alpha\beta$ ruhig in seiner Lage, und es zeigt sich uns, daſs auf die Stütze $\alpha\beta$ nichts von dem Gewichte entfiel, sondern 30 das Gewicht $\alpha\gamma$ war nur auf $\varepsilon\zeta$. Wenn nun die Entfernung $\gamma\varepsilon$ gröſser als die Entfernung $\varepsilon\alpha$ ist, so neigt sich die Last nach $\gamma$ hin. Sei nun der Abstand $\gamma\varepsilon$ kleiner als der Abstand $\varepsilon\alpha$ und sei $\gamma\varepsilon$ gleich $\varepsilon\eta$, so ruht $\gamma\eta$ im Gleichgewicht auf $\varepsilon\zeta$ allein. Setzen wir nun bei $\eta$ einen 35 Pfeiler ein, so ruht, wenn wir die ganze Last bei dem Punkte $\eta$ durchschnitten denken, $\eta\gamma$ auf $\varepsilon\zeta$ allein, und

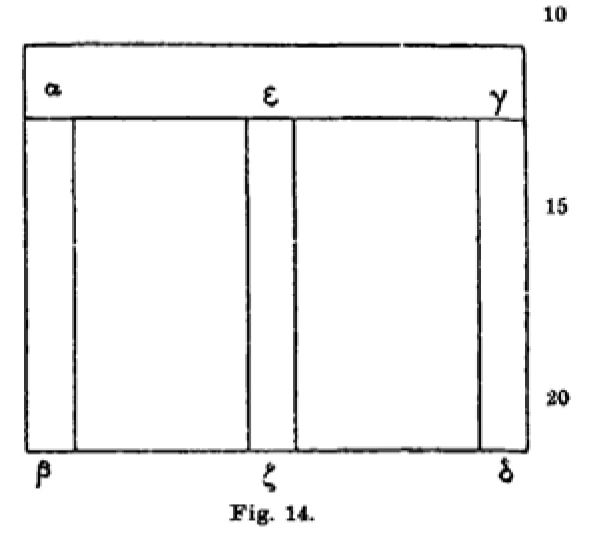


Fig. 14.

اح و حط ينالها نصف هب و نصف اه ونصف[1] حب*
ونصف اح[2] ونصف هب هو جميع اب وهو الموضوع على
جميع الاساطين وان كانت الاساطين اكثر فانّا بهذا
العمل نعرف كم ينال كل واحدة منها من الثقل ⊙

[٢٧] واذا كان هذا[3] هكذا فلنفرض قوائم اب جد 5
متساوية الوضع وليكن عليها جسم ما متساوى العظم
والثقل وهو اج وقد كنّا قلنا انّ كل واحدة من قائمتى
اب جد ينالها نصف ثقل اج فلننقل قائمة جد ونقربها الى
اب وليكن موضع هز فنريد ان نعلم ايضا* اى شيء[4] ينال
اب هز من الثقل فنقول ان بعد اه إمّا ان يكون مساويا 10
لبعد هج وإمّا ان يكون اصغر منه وإمّا ان يكون اعظم منه
فليكن اوّلا[5] مساويا له فيظهر لنا ان ثقل اه يعادل ثقل هج
فان نحن اخرجنا قائمة اب يقيم ثقل اج ثابتا على حاله
فيظهر لنا ان قائمة اب لم يكن ينالها من الثقل شيء وانّما
كان ثقل اج على هز وحدها[6] فان كان بعد جه* اعظم 15
من بعد ها فان ثقل اج ينحط الى ما يلى ج فليكن بعد
هج[7] اصغر من بعد ها وليكن جه مساويا لهح فاذا جح
يكون معتدلا على هز وحدها[6] ولنضع ركنا ما على حط
فان توهّمنا ان جميع الثقل قد نصل على علامة ح فان

---

1) B om. 2) LC om. 3) BCL om. 4) B ايش
5) L om. 6) Codd. وحده 7) B om.

die Hälfte von $\alpha\eta$ ruht auf jeder einzelnen der beiden Stützen $\alpha\gamma$ und $\eta\vartheta$. Wenn wir nun die Stütze $\eta\vartheta$ wegnehmen, erhält der Punkt $\eta$ die Kraft derselben, wenn der Körper zusammenhaftet, und auf $\alpha\beta$ entfällt die Hälfte

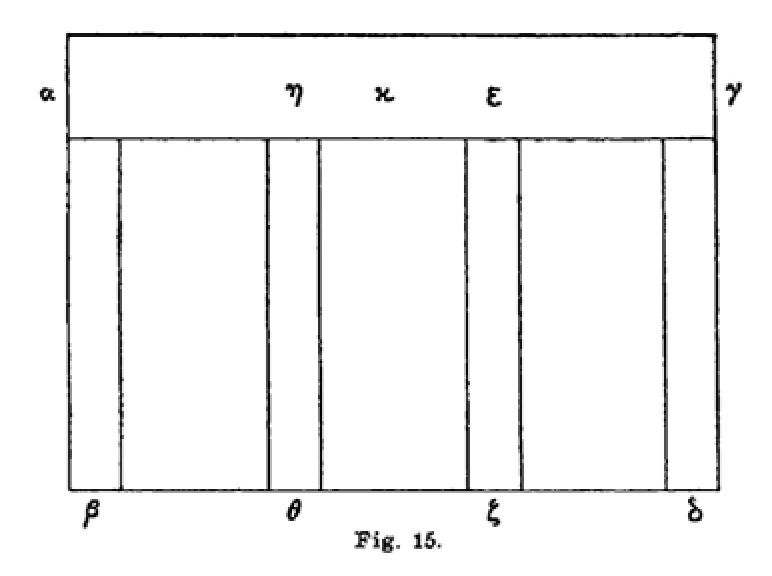


Fig. 15.

des Gewichtes von $\eta\alpha$, auf $\varepsilon\zeta$ der Rest, nämlich $\gamma\eta$ und die Hälfte von $\alpha\eta$; wenn wir uns $\alpha\gamma$ im Punkte $\varkappa$ halbiert denken, so ist $\varkappa\varepsilon$ die Hälfte von $\alpha\eta$. Wenn nun die Stütze, die zuerst bei $\varepsilon$ war, unter den Punkt $\varkappa$ rückt, so trifft sie das Gewicht von ganz $\alpha\gamma$. Und je weiter sich die Stütze von dem Schnittpunkt, der die Last halbiert, entfernt, umsomehr bekommt $\alpha\beta$ von der Last, während der Rest derselben auf der anderen Stütze ruht.

28 Wenn sich dies so verhält, so wollen wir zwei Stützen annehmen, nämlich $\alpha\beta$ und $\varepsilon\zeta$ in der vorerwähnten Lage und die Last $\varepsilon\gamma$ sei überragend. Teilen wir nun die Last im Punkte $\varkappa$ in zwei Hälften, so haben wir bewiesen, dafs das Gewicht $\varkappa\varepsilon$ auf $\alpha\beta$ und der Rest der Last $\alpha\gamma$ auf $\varepsilon\zeta$ fällt.

Nehmen wir nun unter dem Punkte $\gamma$ eine Stütze an, nämlich die Stütze $\gamma\delta$, so ist ebenfalls bewiesen, dafs die Stütze $\alpha\beta$ die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\varepsilon$ und die

حج يكون ثابتا على هز وحدها[1] ويكون نصف اح على
كل واحدة من قائمتى اب حط فاذا نقصنا[2] قائمة حط
تكون لعلامة ح قوة القائمة بعد ان يكون الجسم ملتحما
فتكون اب ينالها نصف ثقل حا و هز ينالها الباقى اعنى
جح ونصف اج اعنى اذا توهمنا اج مفصولا بنصفين على 5
علامة ل يكون له نصف اج فاذا كانت القائمة التى كانت
اولا عند ه تحت علامة ل فانه ينالها ثقل جميع اج
وكلما تباعدت القائمة من الفصل الذى يقسم الثقل بنصفين
فان بذلك القدر ينال اب من الثقل ويكون باقى الثقل
على القائمة الاخرى ⊙ 10

[٢٨] واذا كان هذا هكذا فلنفرض قائمتين هما
اب هز موضوعة الوضع الذى ذكرناه قبل هذا وليكن ثقل
هج فاضلا ولنقسم اج بنصفين على علامة ل فقد بينا ان
قائمة اب ينالها* ثقل له وقائمة هز ينالها[3] باقى ثقل
اج ولنفرض تحت علامة ج قائمة وهى قائمة جد فنبين 15
ايضا ان قائمة اب ينالها نصف ثقل ها وقائمة دج ينالها
نصف ثقل* هج وقائمة هز ينالها نصف[4] ثقل اج ومن قبل
ان نضع قائمة جد بينا كم ينال كل واحدة من اب هز
من الثقل[5] فظاهر لنا ان قائمة جد لما ان صيرت تحت

---

1) Codd. وحده 2) K add. منه 3) B om. 4) BCL add. من 5) B om.

Stütze $\gamma\delta$ die Hälfte des Gewichtes von $\gamma\varepsilon$, endlich die Stütze $\varepsilon\zeta$ die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\gamma$ trifft. Bevor wir die Stütze $\gamma\delta$ einsetzten, haben wir gezeigt, wieviel Gewicht auf jede der Stützen $\alpha\beta$ und $\varepsilon\zeta$ entfällt. Es ist also klar, daſs auf die Stütze $\alpha\beta$, nachdem die Stütze $\gamma\delta$ unter die Last kam, mehr von der Last kommt, als vorher, und zwar um die Hälfte von $\varepsilon\eta = \varepsilon\gamma$ mehr, auf $\varepsilon\zeta$ aber um $\varepsilon\gamma$ weniger. Hierach kommt also auf $\gamma\delta$ die Hälfte von $\varepsilon\gamma$, weil die unter der Last hinzugefügte Stütze von dem, was $\varepsilon\zeta$ trifft, einen $\varepsilon\gamma$ gleichen Betrag hinwegnahm und $\alpha\beta$ einen der Hälfte von $\varepsilon\gamma$ gleichen Betrag hinzufügte; also trifft $\gamma\delta$ die andre Hälfte von $\varepsilon\gamma$. Soviel traf sie auch nach dem andern Verfahren.

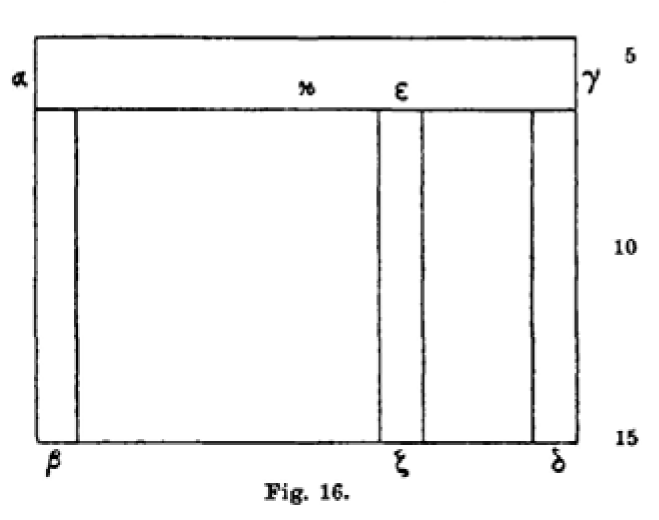


Fig. 16.

Daraus erhellt, daſs, wenn eine Last auf Stützen ruht, die sie tragen, und man diesen Stützen eine andre hinzufügt, die erste der früheren Stützen mehr von der Last trifft als vor der Hinzufügung, und die andre weniger als sie vor der Hinzufügung traf. Weil nun, während $\alpha\beta$, $\varepsilon\zeta$ und $\gamma\delta$ die Stützen waren, das auf $\alpha\beta$ Entfallende die Hälfte von $\alpha\varepsilon$ war, nachdem aber $\gamma\delta$ weggenommen war, das auf $\alpha\beta$ Entfallende die Hälfte des Gewichtes von $\alpha\eta$ ist, so zeigt es sich, daſs $\varepsilon\gamma$ dadurch, daſs es schwebend wurde, als Hebel wirkte und einen Teil des auf $\alpha\beta$ ruhenden Gewichtes übernahm, auf $\varepsilon\zeta$ dagegen gröſseres Gewicht wälzte, als vorher auf diesem geruht hatte, während die Last $\alpha\gamma$ ihren Platz behielt.

29 Daſs kleine Kräfte ohne Anwendung einer Maschine

الثقل صار الذى[1] ينال قائمة اب من الثقل اكثر ممّا كان
ينالها قبل ذلك بقدر نصف* هح اعنى بقدر نصف[2]
هج وصار الذى ينال هز اقلّ ممّا كان ينالها اوّلا بقدر هج
فيكون الذى ينال دج من الثقل على هذا القول نصف هج
لان القائمة التى زيدت تحت الثقل نقصت ممّا ينال هز 5
قدرا مساويا لثقل هج وزادت على قائمة اب ثقلا مساويا
لنصف هج فتكون جد ينالها نصف ثقل هج الباقى وقد
كان هذا المقدار ينالها على العمل الآخر فمن هاهنا يظهر لنا
انّه اذا كان ثقل ما على قوائم تحمله وزيد على تلك
القوائم قائمة اخرى فان احدى القوائم الاولى التى هى 10
الاولى ينالها من الثقل اكثر مما كان ينالها قبل الزيادة
والقائمة الاخرى ينالها من الثقل اقلّ مما كان ينالها قبل
الزيادة ومن اجل انّه لمّا كانت القوائم اب هز جد
كان[3] الذى ينال اب نصف اه ولمّا نقص جد كان الذى
ينال اب نصف ثقل اح ظهر لنا أنّ هج لمّا ان تعلّق صار 15
فى هيئة مخل فحمل بعض الثقل الذى كان على اب وزاد
على هز اكثر ممّا كان عليها من الثقل اوّلا وثقل اج ثابت
فى مكانه ⊙

[٢٩] فامّا انّه لا يمكن ان تحرك القوى اليسيرة اثقالا
عظاما[4] بلا حيلة تستعمل فيها فانّ ذلك قد تبيّن من 20

1) Codd. om. 2) B om. 3) B om. 4) Codd. عظيما

grofse Lasten nicht bewegen können, ist durch klare Vorgänge bewiesen; denn zwei Mann bewegen mit Leichtigkeit eine Last, die einer, auch mit Aufbietung seiner ganzen Kraft, nicht bewegt. Es ist also klar, dafs sich die Last nur bewegen läfst, wenn die Kraft des zweiten Mannes hinzu- 5 tritt. Dafs der zweite Mann allein die Last nicht bewegt, ist klar; denn wenn der erste Mann ruht, und sie dem zweiten überläfst, so bewegt er sie nicht. Wenn aber die Last in zwei Hälften geteilt wird, so bewegt der erste Mann die Hälfte der Last, und die andre Hälfte bleibt 10 ruhig. Es zeigt sich also, dafs die Hälfte, die ein Mann bewegt, von der anderen Hälfte gezogen wurde, ehe sie von ihr getrennt war. Ebenso bewegen, wenn viele Kräfte eine Last bewegen, und von diesen Kräften eine weggenommen wird, alle Kräfte nach Wegnahme jener einen 15 die Last nicht mehr. Wenn aber die wiedervereinigte Kraft jene Last zu heben beginnt, so bewegt sie durch den Zutritt jener übrigen gegebenen Kraft die Last leicht. Ebenso zeigt sich dies beim Schlagen, weil ein Gegenstand, der durch viele Schläge mürbe geworden ist, durch 20 Hinzufügung eines einzigen Schlages in Stücke bricht, nicht nur durch die Vereinigung derselben, sondern auch durch diesen allein. Dies zeigt sich auch bei den Empfindungen; denn wenn wir eine Last heben, deren Gewicht wir, wenn auch mit Anstrengung und Mühe 25 bewältigen, so kommt unsere Kraft offenbar jener Last gleich.

**30** Nehmen wir nun die Stützen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$ an, und ruhe auf ihnen ein gleichmäfsig schwerer und dicker Körper, nämlich $\varepsilon\zeta$, der über jede der Stützen hinausragt. 30 Wir wollen wissen, wieviel von der Last jede einzelne der Stützen trifft. Weil wir bewiesen haben, dafs, wenn die Last $\alpha\zeta$ auf $\gamma\delta$ und $\alpha\beta$ liegt, auf $\gamma\delta$ um das Doppelte von $\gamma\zeta$ mehr kommt als auf $\alpha\beta$; und wenn $\gamma\varepsilon$ auf $\gamma\delta$ und $\alpha\beta$ liegt, auf $\alpha\beta$ um das Doppelte von $\alpha\varepsilon$ mehr von 35

1) B om. 2) LC om.

الاشياء الظاهرة فانّ الرجلين يحركان ثقلا ما بسهولة لا يحركه الرجل الواحد ولو استعمل قوّته كلّها فيظهر لنا ان الثقل انّما تحرّك لما زيدت قوّة الرجل الثانى فامّا ان الرجل الثانى وحده لا يحرك الثقل فانّ ذلك ظاهر لانّه ان سخا الرجل الاوّل وتركه على الثانى وحده لم 5 يحركه فان قسم الثقل بنصفين فانّ الرجل الاول وحده يحرك نصف الثقل ويبقى النصف الآخر ثابتا فيظهر لنا ان النصف الذى حرّكه الرجل الواحد كان يجتبذه النصف الاخر قبل ان ينفصل منه وكذلك ايضا اذا كانت قوى كثيرة تحرّك ثقلا ما ونقص من تلك القوى قوة واحدة فان جميع 10 القوى بعد ان نقص القوّة الواحدة لا تحرّك الثقل فان ابتدت القوة المجتمعة ان تقلّ ذلك الثقل[1] فان عند زيادة القوة المفروضة الباقية يتحرّك الثقل حركة سهلة وقد يظهر لنا ذلك ايضا فى الضربات لان الشىء الذى ينهشم بالضربات الكثيرة اذا زيدت عليه ضربة واحدة رضّته 15 ليس باجتماع تلك فقط لكن بها ايضا وحدها وذلك قد يظهر فى المحسوسات لانّه اذا كنّا نحمل[2] ثقلا ما وكان فى ثقله ما نقوى عليه لكن بعد تعب وألم فيظهر لنا ان قوّتنا قدر ذلك الثقل ⊙

[٣.] فلنفرض قوائم اب جد وعليها جسم ما متساوى 20 الثقل والثخن وهو هز وليكن على كل واحدة من القوائم

der Last, so ergiebt sich, daſs auf $\gamma\delta$ um so viel mehr von der Last kommt als auf $\alpha\beta$, als der Überschuſs des Doppelten von $\gamma\zeta$ über das Doppelte von $\alpha\varepsilon$ beträgt. Wenn nun $\gamma\zeta$ und $\alpha\varepsilon$ gleich sind, so ist das auf $\gamma\delta$ und $\alpha\beta$ fallende Gewicht gleich. Je gröſser aber der Abstand wird, desto mehr von dem Überschusse der Last entfällt auf jene Stütze.

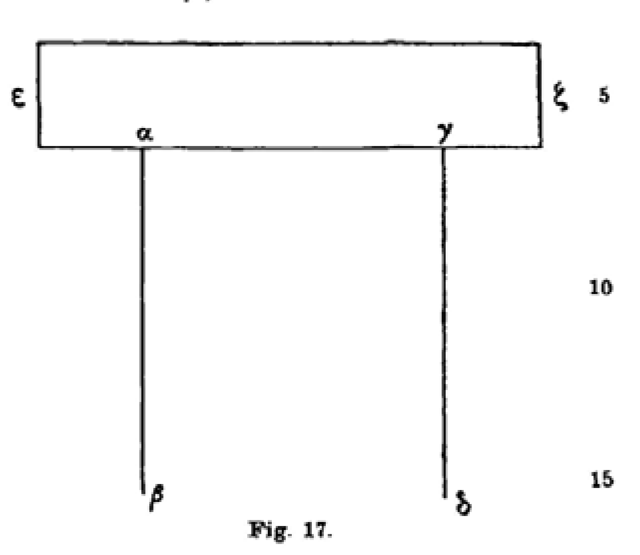



Fig. 17.

Aus dem Vorhergesagten erhellt, daſs, wenn auf Säulen oder Stützen Querbalken oder eine Mauer, die gleichmäſsig schwer und dick ist, liegt, und die Abstände zwischen ihnen beliebig verschieden sind, wir erfahren können, auf welche Stütze ein gröſseres Gewicht fällt und wie groſs der Überschuſs ist. Wenn auf den Stützen Querbalken oder sonst etwas liegt, so ergiebt es sich nach derselben Methode. Wenn ferner Leute auf den Schultern oder in einer Schlinge einen Balken tragen, einige in der Mitte, andre an den Enden desselben, und wenn die Last

---

1) Codd. om. 2) LK أنا 3) CL om. 4) CL om. 5) B om. 6) LC منى 7) L عظيم 8) B om. 9) Codd. add. فانّه 10) K عمود 11) LK ناس 12) B دهن L دهر KC دهق 13) Codd. om. 14) B om. 15) B add. كانت فى نسخة الاصل اربعة اناس (ms. الاس) تحمل كل اثنين منهم خشبا مجرورا (ms. محرورا) فى حبل

فاضلا (1 ونريد ان نعلم كل واحدة من القوائم كم ينالها
من الثقل لانّا(2 قد بيّنّا انّه اذا كان ثقل از موضوعا على
جد اب فان جد ينالها من الثقل اكثر من اب بقدر ضعف*
جز واذا كان جه موضوعا على جد اب فانّ(3 اب(4 ينالها
من الثقل اكثر من جد بقدر ضعف(5 اه فيظهر لنا انّ جد 5
ينالها من الثقل اكثر مما ينال اب بقدر زيادة ضعف جز على
ضعف اه فان كان جز ها متساويين فانّ الذى ينال كل
واحدة من جد اب من الثقل متساو فبالقدر الذى يكون
البعد اعظم بذلك القدر ينال تلك القائمة من زيادة
الثقل ⊙ وممّا تقدّم من قولنا يظهر لنا انه اذا(6 كان على 10
اساطين او قوائم عوارض او حائط متساوى الثخن والثقل
وكانت الابعاد التى بينها مختلفة كيف كانت فانّه قد
يمكنّا ان نعلم ايّما من القوائم* ينالها ثقل اعظم(7 وكم
زيادة الثقل فان كان على القوائم عوارض او غير ذلك فانّه
يظهر لنا ايضا(8 بهذا العمل وكذلك ايضا(9 اذا كان 15
عود(10 او حجر يحمله اناس(11 على اعضادهم او على
وهق(12 وكان بعضهم فى وسطه وبعضهم فى طرفه وإن كان
الثقل فاضلا(13 من جهة واحدة او من جهتين فانّه قد
يظهر لنا كم ينال(14 كل واحد من الحاملين من الثقل(15 ⊙

---

(جهل .ms) مجرور (محرور) فى احد طرف الثقل كل
واحد طرفا من الخشب

auf einer oder beiden Seiten überragend ist, so wird sich uns ebenso auf dieselbe Weise klar ergeben, wieviel von der Last auf jeden der Träger kommt.

81 Sei nun eine andre, gleichfalls ebenmäſsige und gleichmäſsig schwere Last gegeben, nämlich $\alpha\beta$, die auf Stützen 5 von gleicher Lage ruhe, nämlich $\alpha\gamma$ und $\beta\delta$. Dann ist klar, daſs auf jede der Stützen die Hälfte der Last $\alpha\beta$ fällt.

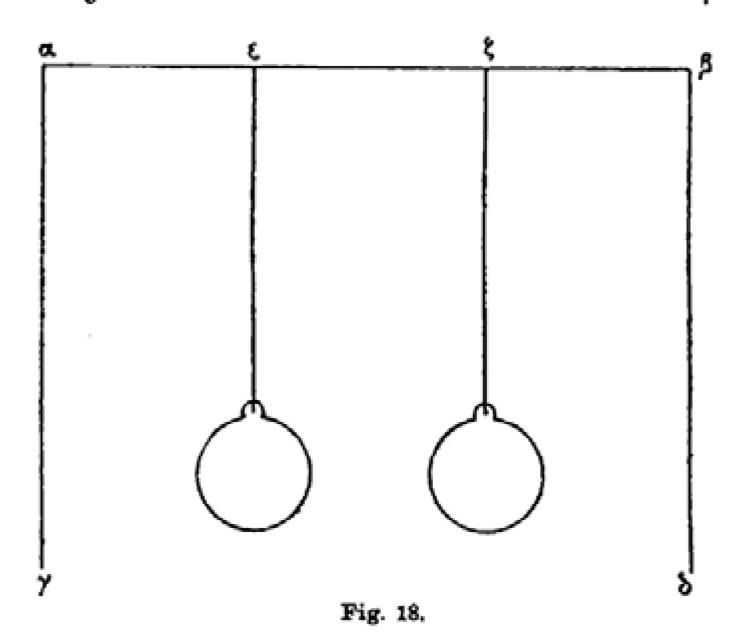


Fig. 18.

Hängen wir nun an $\alpha\beta$ im Punkte $\varepsilon$ irgend ein Gewicht. Halbiert der Punkt $\varepsilon$ $\alpha\beta$, so ist klar, daſs auf jede der Stützen die Hälfte der Last $\alpha\beta$ und die Hälfte des im 10 Punkte $\varepsilon$ aufgehängten oder aufgelegten Gewichtes entfällt. Halbiert der Punkt $\varepsilon$ die Last aber nicht, und teilt man die Last nach dem Verhältnis von $\beta\varepsilon$ zu $\varepsilon\alpha$, so fällt das Gewicht des $\varepsilon\beta$ proportionalen Teiles auf $\alpha\gamma$ und das Gewicht des $\varepsilon\alpha$ proportionalen Teiles auf $\beta\delta$, 15 auſserdem trägt jede der Stützen die Hälfte von $\alpha\beta$. Hängen wir nun ein andres Gewicht im Punkte $\zeta$ auf, und teilen wir es im Verhältnis von $\alpha\zeta$ zu $\zeta\beta$, so fällt auf $\delta\beta$ das Gewicht des $\alpha\zeta$, und auf $\alpha\gamma$ das Gewicht des $\zeta\beta$ proportionalen Teiles; und es trifft jede der Stützen 20

[٣١] وليكن ثقل ما آخر ايضا متساوى الاجزاء والثقل وهو اب وليكن على قوائم متساوية الوضع هما اج بد فيظهر لنا ان كل واحدة من القوائم ينالها نصف ثقل اب فلنعلّق ثقلا على اب من علامة ه فان كانت علامة ه تفصل اب بنصفين فيظهر لنا ان كل واحدة من القوائم ينالها نصف ثقل اب ونصف الثقل المعلّق على علامة ه او الموضوع عليها فان لم تكن علامة ه تفصله بنصفين وفصل الثقل بقسمين على نسبة به الى اه فان ثقل الجزء المناسب هب ينال اج وثقل الجزء المناسب ها ينال بد وايضا كل واحدة من القوائم ينالها نصف اب فان علّقنا ثقلا آخر على علامة ز وقسمناه بنسبة از الى زب فان دب ينالها ثقل الجزء المناسب از واج ينالها ثقل الجزء المناسب زب فينال كل واحدة من القوائم نصف اب وزب عند اج ملفوظ وقد كانت الاثقال التى ينالها قبل ان تعلّق الاثقال التى علّقت على زه ملفوظة فاذا جميع الذى ينال قائمتى اج بد ملفوظ وايضا ان علّقت اثقال اخر فبهذا(1 العمل تخرج لنا معرفة كم ينال كل واحدة منها من الثقل ⊙

[٣٢] وقد توهّم قوم فى الموازين انّه اذا عادلت الاثقال الاثقال(2 فان تلك(3 النسبة تكون للاثقال(4 الى الابعاد

1) Codd. بهذا  2) Codd. الابعاد  3) BCL بتلك
4) BCL الاثقال

die Hälfte von $\alpha\beta$. Die Beziehung von $\zeta\beta$ zu $\alpha\gamma$ wurde eben erwähnt. Die Lasten, die sie trafen, bevor die in den Punkten $\varepsilon, \zeta$ angebrachten Gewichte aufgehängt wurden, sind ebenfalls bereits erwähnt; also ist alles genannt, was auf die beiden Stützen $\alpha\gamma$ und $\beta\delta$ entfällt. Wenn noch 5 andre Gewichte angebracht werden, so erhalten wir nach derselben Methode Kenntnis davon, wieviel Gewicht auf jede von beiden Stützen entfällt.

32 Manche Leute glauben, daſs, wenn bei den Wagen die Gewichte den Gewichten das Gleichgewicht halten, die 10 Gewichte zu den Abständen in jenem umgekehrten Verhältnisse stehen. Man darf dies aber nicht so allgemein behaupten, sondern 15 man muſs eine bessere Unterscheidung einführen. Nehmen 20 wir einen gleichmäſsig dicken und schweren Wagebalken an, nämlich $\alpha\beta$, dessen Aufhängepunkt, 25 nämlich der Punkt $\gamma$, in der Mitte desselben liege. Hängt man nun an beliebigen Punkten z. B. den Punkten $\delta\varepsilon$ Seile, nämlich die beiden 30 Seile $\delta\zeta$ und $\varepsilon\eta$, an denen zwei Gewichte befestigt sind, auf, und befinde sich die Wage nach Aufhängen der Gewichte im Gleichgewicht. Denken wir uns die beiden Seile durch die Punkte $\vartheta$ und $\varkappa$ gehen, so wird beim Gleichgewichtszustand der Wage der Abstand $\vartheta\gamma$ sich zum Ab- 35 stand $\gamma\varkappa$ verhalten, wie das Gewicht $\eta$ zum Gewichte $\zeta$. Das hat Archimedes in seinen Schriften, die den Titel

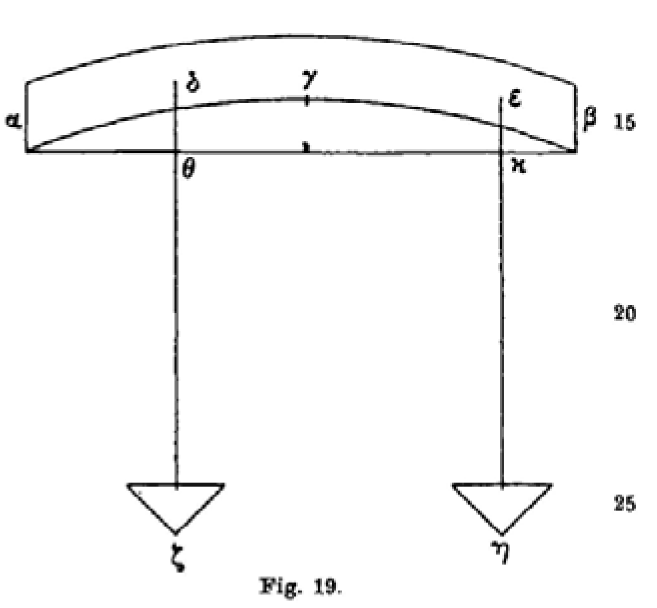


Fig. 19.

بانقلاب وقد ينبغى ان لا[1] يقال هذا قولا مرسلا بل يميّز[2] تمييزا احسن[3] فلنفرض عمود ميزان متساوى لثقل والثخن وهو اب ولتكن علاقته[4] التى هى علامة[5] ج فى وسط العمود وليعلّق على علامات ما اى[6] علامات كانت وهى علامتا ده حبال تكون حبلى دز هح ولنعلّق عليها 5 ثقلين وليكن الميزان بعد تعليق[7] الثقل معتدلا ولنتوهّم الحبلين مخرجين على علامتى ط ل فيكون عند اعتدال الميزان كبعد طج عند بعد[8] جل كذلك[9] ثقل ح عند ثقل ز فان هذا قد بيّنه[10] ارشميدس فى كتبه التى تسمى كتب الامخال فان فصلنا من عمود الميز ان ما[11] يلى 10 الجهتين جميعا اعنى طا لب فان الميزان لا يعتدل ⊙

[٣٣] وقد ظنّ قوم ان المناسبة التى تكون بالمبادلة[12] ...... فلنفرض ايضا عمود ميزان مختلف الثقل والثخن من اى جسم كان وليكن معتدلا اذا علّق من علامة ج ومعنانا فى هذا الموضع فى الاعتدال سكون 15 العمود وثباته وان كان مائلا الى جهة من الجهات ثم نعلّق اثقالا ما على علامات اى علامات كانت وهى علامات

---

1) B om. 2) B om. 3) LCK اخر 4) B om. 5) B om. 6) B om. 7) LK تعديل 8) L om. 9) K add. يكون 10) B اثبته 11) BC مما 12) LC بالمعادلة

führen: Schriften über die Hebel, bewiesen. Wenn wir nun von dem Wagebalken die auf jeder Seite befindlichen Stücke abschneiden, nämlich $\vartheta\alpha$ und $\varkappa\beta$, so wird die Wage nicht mehr im Gleichgewicht sein.

**33** Manche haben gedacht, dafs die umgekehrte Proportionalität bei einer unregelmäfsigen Wage nicht vorhanden sei. Denken wir uns also auch einen verschieden schweren und dichten Wagebalken von irgend einem Material, der sich im Gleichgewicht befindet, wenn er im Punkte $\gamma$ aufgehängt ist. Wir verstehen an dieser Stelle unter Gleichgewicht die Ruhe und das Verharren des Wagebalkens, auch wenn er nach irgend einer Seite geneigt ist. Dann hängen wir an beliebigen Punkten, nämlich $\delta$ und $\varepsilon$ Gewichte auf, nach deren Aufhängen der Balken wieder im Gleichgewicht sei. Archimedes hat nun bewiesen, dafs auch in diesem Falle sich Gewicht zu Gewicht umgekehrt wie Abstand zu Abstand verhält. Was nun die unregelmäfsigen Körper angeht, bei denen der Abstand geneigt ist, so müssen wir uns dabei folgendes vorstellen. Es werde der beim Punkte $\gamma$ befindliche Aufhängefaden nach $\zeta$ hin verlängert. Ziehen wir nun eine Linie und denken wir sie uns durch den Punkt $\zeta$ gehen, und der Linie $\zeta\eta\vartheta$ gleich; sie sei „fest" d. h. senkrecht zu dem Faden. Da sich nun die beiden, bei den Punkten $\delta$ und $\varepsilon$ befindlichen Fäden, nämlich $\delta\eta$ und $\varepsilon\vartheta$ so verhalten, so ist der Abstand, der zwischen der Linie $\gamma\zeta$ und dem im Punkte $\varepsilon$ aufgehängten Gewichte vorhanden ist, $\zeta\vartheta$, und bei Ruhe der Wage verhält sich wie $\zeta\eta$ zu $\zeta\vartheta$, so die im Punkte $\varepsilon$ aufgehängte Last zu der im Punkte $\delta$ aufgehängten, was im Vorhergehenden bewiesen ist.

**34** Sei eine runde Scheibe oder eine Rolle auf einer Achse um den Mittelpunkt $\alpha$ beweglich; ihr Durchmesser, die Linie $\beta\gamma$, sei dem Horizont parallel. Hängen wir nun in den Punkten $\beta$ und $\gamma$ zwei Fäden auf, nämlich $\beta\delta$ und $\gamma\varepsilon$, an denen gleiche Gewichte hängen, so zeigt es sich uns, dafs die Rolle sich nach keiner Seite hin neigt, weil die beiden Gewichte gleich, und die beiden Abstände vom Aufhängepunkt $\alpha$ gleich sind. Sei nun das beim Punkte $\delta$

دهَ وليكن ايضا بعد تعليق الاثقال العمود معتدلا فقد برهن ارشميدس ان نسبة الثقل الى الثقل فى هذا ايضا كنسبة البعد الى البعد بالمبادلة فامّا فى الاجسام غير

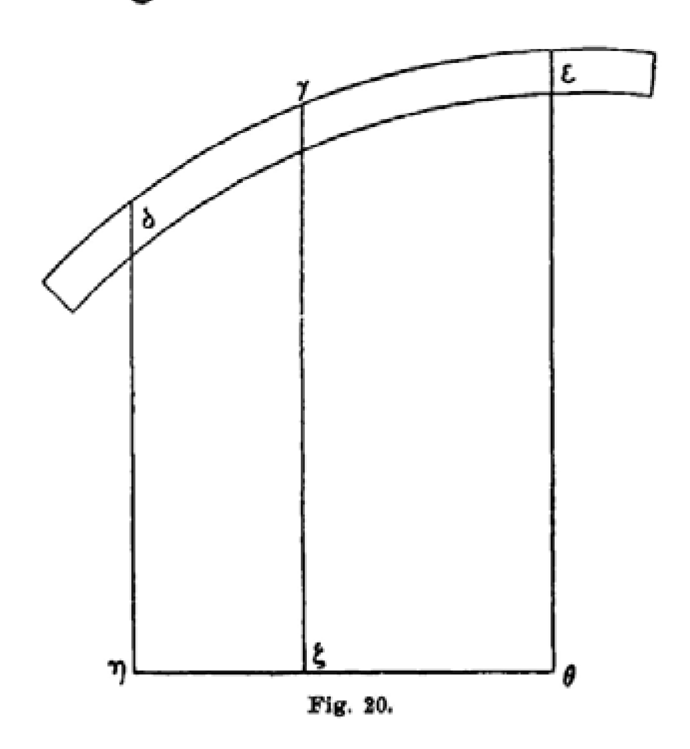



Fig. 20.

المرتبة[1] المائلة البعد فانّه ينبغى ان نتوهم فيها هذا نخرج الحبل الذى من علامة جَ الى ما يلى علامة زَ ونخرج 5 خطّا ونتوهم انّه يخرج على علامة زَ مساويا[2] لخطّ[3] زحط وليكن ثابتا اعنى ان يكون على زاوية قائمة على الحبل فاذا كان الحبلان اللذان من علامتى دهَ هكذا اعنى

1) Codd. الغير مرتبة  2) Codd. مساو  3) Codd. خط

befindliche Gewicht gröſser als das bei $\varepsilon$, so zeigt es sich, daſs die Rolle nach $\beta$ hin sich neigt und der Punkt $\beta$ samt dem Gewichte sich senkt. Nun müssen wir erfahren, an welcher Stelle das gröſsere Gewicht $\delta$, wenn es sich senkt, zur Ruhe kommt. Senken wir also den Punkt $\beta$ 5 und lassen ihn nach $\zeta$ kommen und befinde sich dann der

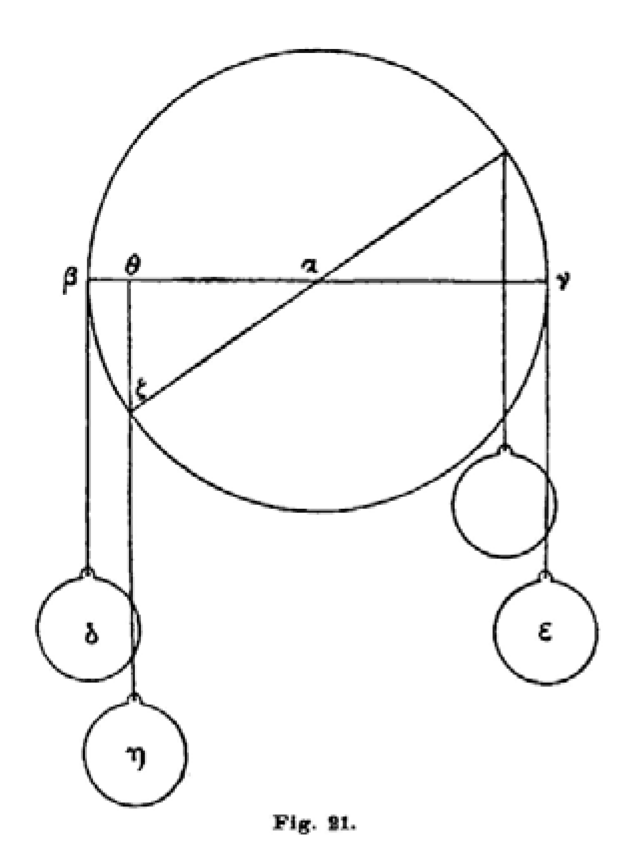



Fig. 21.

Faden $\beta\delta$ bei dem Faden $\zeta\eta$, sodaſs das Gewicht stille steht. Es zeigt sich nun, daſs der Faden $\gamma\varepsilon$ sich um den Rand der Rolle aufgewickelt, und daſs er vom Punkte $\gamma$ aus an dem Gewichte hängt, weil der aufgewickelte Teil 10 desselben nicht mehr hängt. Verlängern wir nun $\zeta\eta$ nach dem Punkte $\vartheta$, so ist, weil die beiden Gewichte im Gleichgewicht sind, das Verhältnis des einen Gewichtes zum anderen gleich dem (umgekehrten) Verhältnis der Ent-

حبلى دح طه فانّ البعد الذى بين خطّ(1 جز وبين الثقل
الذى عند علامة ه اعنى زط يكون عند سكون الميزان
كما(2 زح عند زط كذلك الثقل المعلّق على علامة ه
عند الثقل المعلق على علامة د فان هذا قد تبيّن فيما
تقدّم ⊙ 5

[٣٤] ولتكن فلكة او بكرة متحركة على محور على مركز
آ وليكن قطرها خطّ بج موازيا للافق ولنعلق على(3
علامتى بج حبلين وهما زد جه ولنعلق فيهما اثقالا
متساوية فيظهر لنا ان البكرة لا تميل الى جهة من الجهات
لان الثقلين متساويان والبعدان اللذان من علامة آ 10
متساويان فليكن الثقل الذى عند د اعظم من الثقل الذى
عند ه فيظهر لنا ان الفلكة تميل الى جهة ب وتنحطّ علامة
ب مع الثقل فينبغى لنا ان نعلم الى اىّ موضع اذا انحطّ
ثقل د الاعظم تسكن فلنحطّ علامة ب ونصيّرها على علامة
ز وليكن حبل بد على حبل زح فيسكن الثقل فيظهر لنا 15
ان حبل جه يلتفّ على حافة الفلكة ويكون* معلّقا على(4
الثقل على علامة ج لان ما كان منه ملتفّا ليس هو متعلّق
فنخرج زح الى علامة ط فمن اجل انّ الثقلين معتدلان
تكون نسبة الثقل* الى الثقل(5 كنسبة البعد الذى* بين

1) Codd. علامة 2) BCL add. فى 3) B om. 4) B متعلقامع 5) BCL om.

fernung des Punktes $\alpha$ von den Fäden, und es verhält sich wie $\alpha\gamma$ zu $\alpha\vartheta$ so die Last bei $\eta$ zur Last bei $\varepsilon$. Wenn wir das Verhältnis von $\gamma\alpha$ zu $\alpha\vartheta$ gleich dem (umgekehrten) Verhältnis von Last zu Last machen und die Punkte $\beta$, $\gamma$ nach $\zeta\vartheta$ unter rechtem Winkel verschieben, 5 so zeigt es sich, daſs die Rolle sich vom Punkte $\beta$ nach dem Punkte $\zeta$ bewegt hat und in Ruhe ist. Dieselbe Überlegung gilt auch für andre Gewichte. Unter diesem Gesichtspunkt kann also jede Last einer Last, die kleiner als sie selbst ist, das Gleichgewicht halten. 10

Dies mag für das erste Buch der Einleitung in die Mechanik genügen. Im folgenden werden wir von den fünf Potenzen handeln, mittels derer Lasten bewegt werden, das, worauf sie sich gründen und wie die natürliche Wirkung bei ihnen eintritt, erläutern. Auſserdem werden wir von 15 anderen Dingen reden, die beim Heben und Tragen der Lasten von groſsem Nutzen sind.

Ende des ersten Buches der Schrift des Hero über das Heben schwerer Gegenstände.

علاقة آ وبين الحبال فيكون كما اجَ عند اطَ كذلك الثقل الذى عند حَ الى الثقل الذى[1] عند هَ فاذا صيّرنا نسبة جاَ الى اطَ كنسبة الثقل* الى الثقل[2] واخرجنا[3] علامتى بجَ نحو زطَ على زوايا قائمة يظهر لنا انّ الفلكة تحرّكت[4] من علامة بَ الى علامة زَ وتسكن وهذا القول ايضا فى 5 الاثقال الاخر فاذًا قد يمكن ان يعادل كل ثقل ثقلا اصغر منه على هذه الجهة ⊙ امّا فى اوّل القول من مداخل صناعة الحيل فيكفى بهذا وامّا فى الذى يتلوه فانّا نخبّر عن الخمس قوى التى تحرّك بها الاثقال ونشرح علّتها والفعل الطبيعى[5] فيها ونخبّر باشياء* اخر تكون كثيرة 10 المنفعة فى حمل الاثقال ورفعها[6] ⊙

تمّت المقالة الاولى من كتاب ايرن* فى رفع الاشياء الثقيلة[7] ⊙

---

1) B om. 2) B om. 3) BCL add. على 4) K تحرك BC تتحرك 5) B om. 6) B om. 7) B om.

# DIE MECHANIK DES HERON VON ALEXANDRIA.

## ZWEITES BUCH.

1 Da die Potenzen, durch die man eine bekannte Last 5
mit einer bekannten Kraft bewegt, fünf sind, müssen wir
notwendigerweise ihre Formen, ihren Gebrauch und ihre
Namen darlegen, weil diese Potenzen auf ein natürliches Prinzip
zurückgehen, während sie ihrer Form nach sehr verschieden
sind. Ihre Namen nun sind folgende: die Welle 10
mit dem Rade, der Hebel, der Flaschenzug, der Keil, die
Schraube.

Die Welle mit dem Rade wird auf folgende Weise hergestellt.
Man nimmt ein hartes viereckiges Stück Holz
in der Form eines Balkens; seine Enden mache man durch 15
Hobeln rund und befestige darauf passend gearbeitete Ringe
von Kupfer, damit die Rauheit der Achse nicht zur Geltung
komme, sodaſs sie, wenn sie in runde mit Erz ausgelegte
Löcher in einer festen, unbeweglichen Stütze gelegt werden,
sich leicht drehen. Dieses Holz, nach der eben gegebenen 20
Beschreibung angefertigt, nennt man Achse. Dann befestigt
man auf der Mitte der Achse ein Rad, das mit einem
nach Maſsgabe der Mitte der Achse angebrachten und zu
dem Maſs der Achse passenden viereckigen Loch versehen
ist, damit die Achse und das Rad, wenn letzteres auf 25
ersterer befestigt ist, sich zusammen drehen. Dieses Rad
nennt man Peritrochion, dessen Übersetzung „das Umgebende“
ist. Wenn wir dies gethan haben, machen wir auf beiden

بسم الله الرحمن الرحيم

## المقالة الثانية من كتاب ايرن فى رفع الاشياء الثقيلة

[ا] انّه لمّا كانت القوى التى تحرك بها الثقل
المعلوم بالقوّة المعلومة خمسا يجب باضطرار ان نضع
اشكالها واستعمالاتها واسماءها لان هذه القوى منسوبة 5
الى طبيعة واحدة وهى مختلفة فى اشكالها اختلافا كثيرا
فامّا اسماؤها فهى هذه ⊙ محور داخل فى فلكة ⊙
مخل ⊙ بكرة ⊙ إسفين ⊙ لولب ⊙ أمّا المحور المركّب
فى فلكة فانّه يعمل على هذه الصنعة يؤخذ عود صلب
مربّع فى هيئة الخشبة تتملس اطرافه ويدوّر وتركّب عليها 10
سرنجات من نحاس مهندمة لا يجوز غلظ المحور لتكون
اذا ركبت فى ثقب مستديرة ملبّسة نحاسا فى[1] ركن
ثابت غير متحرك تدور تدويرا سهلا فهذا العود اذا عمل
على هذه الصفة سمّى محورا ثمّ نركّب فى وسط المحور
فلكة مثقوبة ثقبا مربعة بقدر وسط المحور مهندمة على قدر 15
المحور لتكون اذا ركبت الفلكة فى المحور دارت الفلكة

---

1) LCK من

Seiten des Rades eine lockenartige Nute, damit dieselbe eine Winde sei, auf welcher sich die Seile aufwickeln. Dann machen wir auf der Stirnseite des Rades, d. i. auf

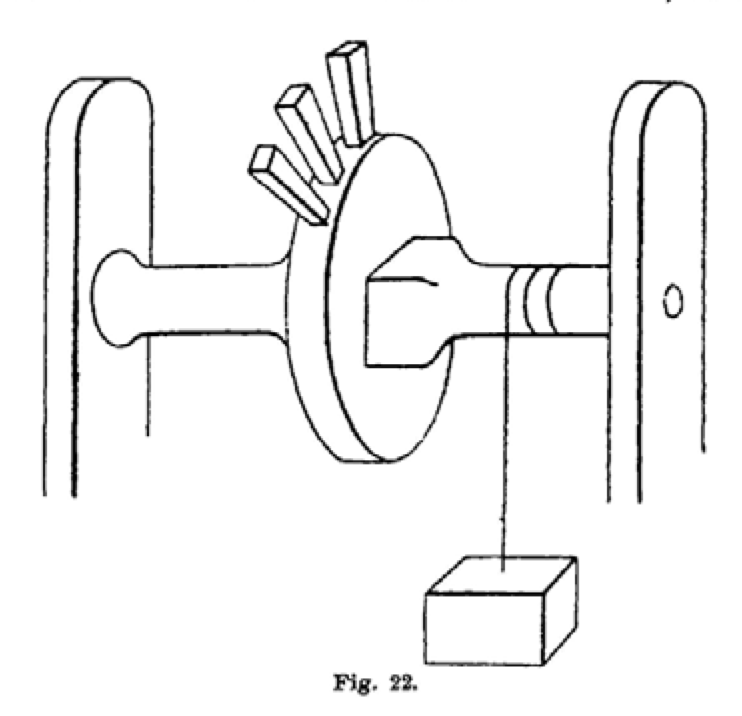


Fig. 22.

seinem Umfange, Löcher, deren Anzahl sich nach dem Bedürfnis richtet, die gleichmäſsig gearbeitet sind, sodaſs, 5 wenn man Speichen darin anbringt, durch diese Speichen das Rad und die Rolle in Umdrehung versetzt werden.

Wir haben nun auseinandergesetzt, wie man die Achse konstruieren muſs; wie man damit arbeitet, werden wir jetzt darlegen. 10

Wenn man eine groſse Last mit einer kleinen Kraft bewegen will, befestigt man die an der Last angebundenen Stricke an dem auf der Achse zu beiden Seiten des Rades ausgenuteten Platze. Dann steckt man in die im Rade gebohrten Löcher Speichen und drückt die Speichen nach 15 unten, sodaſs sich das Rad dreht, die Last sich durch die kleine Kraft bewegen läſst, und die Seile sich um die Achse aufwickeln, oder wir schichten sie aufeinander auf,

والمحور معا وهذه الفلكة تسمى برطركين[1] وتاويله المحيطة فاذا فعلنا ذلك فرضنا فى المحور عن جنبى الفلكة* فرضا متعكسا[2] ليكون ذلك الفرض ملفّة تلتف القلوس عليها ونثقب فى ظاهر الفلكة[3] اعنى فى محيطها ثقبا تكون فى كثرتها على قدر ما يدعو الحاجة اليه ولتكن مهندمة حتى تكون اذا ركّبت فيها اوتاد تدور بتلك الاوتاد الفلكة والمحور ⊙ وقد بيّنّا كيف ينبغى ان يعمل المحور فامّا العمل به فالآن نشرحه اذا اردت ان تحرّك ثقلا عظيما بقوّة اقلّ منه تشدّ القلوس المرتبطة فى الثقل فى الموضع المفروض من المحور عن جنبى الفلكة* ثم تركّب فى الثقب التى ثقبنا فى الفلكة اوتادًا وتكبّس الاوتاد فى جهة الانخفاض حتى تدير الفلكة[4] فيتحرّك الثقل بقوّة يسيرة وتلتف القلوس على المحور او نركّب بعضها بعضا لان لا تلتفّ جميعا على المحور وينبغى ان يكون عظم هذه الآلة على قدر عظم الاجسام التى تريد ان تنقلها بها وامّا[5] تقديرها فينبغى ان يكون على قدر نسبة الثقل الذى نريد حركته الى القوّة التى تحرّكه وذلك سنبيّنه فيما يستأنف ⊙

[٢] القوّة الثانية فامّا القوة الثانية فانّها التى تدعى

1) Codd. بريطيطس  2) K om.  3) B نقطتين  LC هفطسا
4) B om.  5) BCL add. فى

damit sie sich nicht ganz auf die Achse aufwickeln. Die Gröſse dieser Maschine muſs nach Maſsgabe der Gröſse der Last, die man damit bewegen will, eingerichtet werden. Ihre Berechnung muſs gemäſs dem Verhältnis der Last, die man bewegen will, zu der Kraft, die sie bewegen soll, 5 stattfinden, wie wir es im Folgenden darthun werden.

2 Die zweite Potenz. Die zweite Potenz ist diejenige, die Hebel genannt wird, und diese Potenz ist vielleicht das Erste, woran man bei Bewegung von übermäſsig schweren Körpern dachte. Denn da das Erste, was man notwendig 10 hatte, wenn man einen Körper von übergroſsem Gewicht bewegen wollte, war, daſs man ihn bei seiner Bewegung von der Erde erhob, man aber keine Handhaben daran hatte, um ihn anzufassen, da alle Teile seiner Grundfläche auf der Erde lagen, so verfiel man notwendigerweise auf 15 dieses Verfahren, machte unter dem schweren Körper in dem Boden eine kleine Grube, nahm ein langes Holz, brachte das eine Ende desselben in jene Grube und drückte das andre nieder; so hob sich die Last. Dann legte man unter jenes Holz einen Stein, den man Hypomochlion d. i. 20 das unter den Hebel Gelegte nannte und drückte ihn wieder nieder, sodaſs sich die Last noch mehr hob. Als diese Potenz bekannt wurde, begriff man, daſs es möglich sei in dieser Weise groſse Lasten zu bewegen. Dieses Holz nennt man Hebel, mag es rund oder viereckig sein. Je 25 näher man den Stein, den man unter ihn legt, an die Last bringt, desto bequemer ist es für ihre Bewegung, wie wir es im Folgenden zeigen werden.

3 Die dritte Potenz. Die dritte Potenz ist diejenige, die Flaschenzug heiſst. Wenn wir nämlich eine beliebige 30 Last heben wollen, so binden wir Seile an diese Last und wollen die Seile anziehen, bis wir dieselbe heben. Dazu bedürfen wir einer der zu hebenden Last gleichen Kraft. Wenn wir aber das Seil von der Last los lösen, sein eines Ende an einem festen Querbalken anbinden, das andre 35 über eine mitten an der Last befestigte Rolle legen, und das Seil anziehen, ist es leichter jene Last zu bewegen.

المخل ولعل هذه القوّة هى اوّل ما فكر فيه فى حركة
الاجسام المفرطة الثقل لانّ قوما لمّا ارادوا ان يحرّكوا
جسما ثقيلا مفرط الثقل من اجل ان اوّل ما احتاجوا
اليه فى حركته ان يقلّوه عن الارض ولم تكن لهم مقابض
يقبضونها منه لانّ جميع اجزاء القاعدة[1] تكون على الارض 5
احتاجوا الى ان احتالوا فى ذلك فحفروا تحت الجسم
الثقيل فى الارض حفرا يسيرا واخذوا عودا طويلا
فادخلوا طرفه فى ذلك الحفر وكبسوا الطرف الآخر فاستقلّ
الثقل ثم وضعوا تحت هذا العود حجرا سمّوه ابومخليون
وتاويله الموضوع تحت المخل وكبسوه ايضا فاستقلّ الثقل[2] 10
اكثر فلمّا ظهرت هذه القوّة علّمت أنّه قد يمكن ان تحرّك
بهذه الجهة اثقال عظيمة وهذا العود يسمى مخلا مدورا
كان او مربعا وكلما قرّب الحجر الذى يوضع تحته من
الثقل الذى يحرّك كان اهون لحركته على ما سنبيّنه فيما
يستأنف ⊙ 15

[٣] القوّة الثالثة فامّا القوّة الثالثة فانّها التى تدعى
الكثيرة الرفع فانّا اذا اردنا ان نرفع ثقلا اى ثقل كان
ربطنا القلوس فى ذلك الثقل واردنا ان نمدّ القلوس حتى
نرفعه ويحتاج فى ذلك الى قوّة موازية للثقل الذى نريد
ان نرفعه فان نحن حللنا القلوس من الحمل وربطنا احد 20

1) Codd. قاعدة  2) K add. ايضا

Wenn wir nun an dem festen Querbalken eine andre Rolle befestigen, das Ende des Seiles darüber legen und es anziehen, so ist die Bewegung der Last für uns noch leichter. Wenn wir ferner an jener Last eine zweite Rolle anbringen, und das Ende des Seiles darüberziehen, so ver- 5

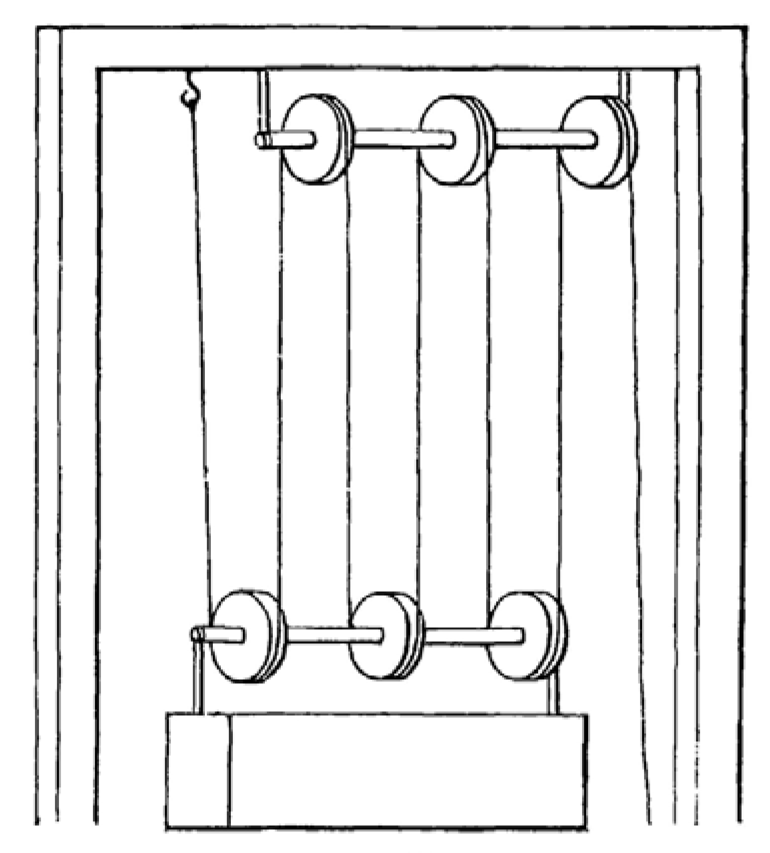


Fig. 23.

mehrt uns dies noch die Leichtigkeit bei Bewegung der Last. Auf diese Weise fahren wir fort an dem festen Querbalken und an der Last, die wir heben wollen, Rollen anzubringen und das eine Ende des Seiles über die an dem festen Querbalken und über die an der Last an- 10 gebundene Rolle zu legen, und lassen das Seil immer wieder zu ihr zurücklaufen, so erhöht sich hierdurch für

طرفيها فى عارضة ثابتة وادخلنا الطرف الآخر فى بكرة
مشدودة فى وسط الحمل ومددنا القلوس كان تحريكنا
لذلك الثقل اسهل وإن نحن ربطنا فى العارضة الثابتة
بكرة أخرى وادخلنا طرف القلس فيها ومددناه كان
تحريكنا لذلك الثقل اكثر سهولة وايضا ان نحن شددنا 5
على ذلك الثقل بكرة اخرى وادخلنا طرف الحبل فيها
زادنا ذلك سهولة فى حركة الثقل وعلى هذا العمل كلّما
زدنا فى العارضة الثابتة من البكر وفى الثقل الذى نريد
ان نحمله وادخلنا احد طرفى القلس فى البكرة* التى
فى العارضة[1] الثابتة وفى البكرة[2] المرتبطة على الحمل 10
وصيّرنا مجرى القلوس يمتدّ اليه زدنا فى سهولة رفع ذلك
الثقل وكلّما تكاثرت البكر التى تجرى عليها القلوس كان
اسهل لرفع ذلك الثقل وينبغى ان يكون طرف القلس
الواحد ثابتا مشدودا فى العارضة الثابتة ويكون القلس
يجرى منها الى الثقل فامّا البكر التى فى العارضة الثابتة 15
فانّه ينبغى ان تكون مشدودة على خشبة اخرى وتكون
دائرة على محور واحد ويدعى ذلك المحور منغلن وتكون
تلك الخشبة مشدودة على العارضة الثابتة بقلوس أخر
وامّا البكر المشدودة على الحمل فانّها تكون على محور
آخر مساو لذلك المحور مربوط بالحمل وقد يجب ان 20

1) LCK om. 2) LCK om.

uns die Leichtigkeit jene Last zu heben. Je zahlreicher die Rollen, auf denen das Seil läuft, sind, desto leichter läfst sich jene Last heben. Das eine Ende des Seiles mufs an dem festen Querbalken fest gebunden sein, und das Seil von diesem nach der Last laufen. Die Rollen 5 an dem festen Querbalken müssen auf einem anderen Holz festsitzen und sich um dieselbe Achse drehen. Diese Achse nennt man Manganon. Das Holz wird mittels andrer Seile an dem festen Querbalken befestigt. Die Rollen an der Last sitzen auf einer anderen, jener ersten 10 gleichen und an der Last befestigten Achse. Die Rollen müssen so auf der Achse angebracht sein, dafs sie einander nicht berühren können; denn wenn sie sich berühren können, ist ihre Drehung erschwert. Warum sich nun die Leichtigkeit beim Heben für uns erhöht, wenn die 15 Rollen vermehrt werden und warum das eine Ende des Seiles an dem Querbalken angebunden ist, werden wir später auseinandersetzen.

4 Die vierte Potenz. Die vierte Potenz, die auf diese folgt, ist diejenige, die Keil genannt wird. Sie wird bei 20 manchen Werkzeugen der Parfumbereitung gebraucht und um getrennte Teile von Zimmermannsarbeiten zusammenzufügen. Ihre Anwendungen sind vielerlei; am häufigsten aber gebrauchen wir sie, wenn wir den untersten Teil von Steinen, die wir brechen wollen, zu spalten be- 25 absichtigen, nachdem wir bereits die Seitenteile von dem Berge, von dem wir sie absprengen wollen, losgetrennt haben. Hierbei wirkt keine der übrigen Kräfte, auch nicht, wenn sie alle vereinigt würden. Der Keil aber wirkt hierbei ganz allein. Seine Wirkung beruht auf 30 dem Schlag, der ihn trifft, wie immer der Schlag geartet sein mag, und seine Wirkung hört auch nicht nach Aufhören des Schlages auf. Das ist klar; denn häufig entsteht durch ihn ein Geräusch, ohne dafs er geschlagen wird, und ein Bersten dessen, was er mit seiner Kraft 35 spaltet. Je spitzer der Winkel des Keiles ist, desto leichter ist mit ihm zu arbeiten, wie wir zeigen werden.

تركّب البكر[1] على المحور تركيبا لا يمكن بعضها يلاقى بعضا لانّها اذا تلاقت صعب تدويرها فامّا لِمَا[2] اذا[3] صارت الزيادة فى البكر نريد فى سهولة الرفع ولِمَ صار طرف القلس يربط فى العارضة الثابتة فانّا سنخبّر به[4] فيما بعد هذا ⊙ 5

[۴] القوّة الرابعة فامّا القوّة الرابعة التى تتلو هذه فانّها القوّة التى تدعى[5] بالإسفين[6] وهى تستعمل فى بعض آلات الطيب وفى الصاق[7] ما جلّ من اعمال النجارة وكثيرة[8] اعمالها واكثر استعمالنا لها اذا اردنا ان نفرى[9] اسفل الحجر الذى نريد ان نقطعه وقد فصلنا جوانبه من 10 الجبل الذى نقطعه منه فانّ فى هذا الباب ليس يعمل شىء من تلك القوى الاخر فلا لو اجتمعت[10] كلّها فامّا الإسفين فانّه وحده يفعل فى[11] ذلك وفعله بالضربة التى تناله اى ضربة كانت وليس يبطل من فعله بعد سكون الضربة وذلك ظاهر لنا انّه بلا ان يضرب كثيرا ما يكون 15 له صوت وقلع لما يشقّ بقوته[12] وكلما كانت زاوية الاسفين اصغر فان العمل به يكون اسهل كما سنبيّن ⊙

---

1) L om. 2) BCL om. 3) K om. 4) BCL سنخبره K نستخبر 5) K تكون 6) K الاسفين 7) LCK لزق 8) Codd. ولتكن 9) K نبرى 10) BCL جمعت 11) K om. 12) K لقوته

5 Die fünfte Potenz. Das ist diejenige, die Schraube genannt wird. Die Prinzipien der bis jetzt erwähnten Werkzeuge sind klar und in sich selbst vollkommen. Bei der Wirkung und Anwendung der Schraube aber besteht eine Schwierigkeit, mag sie nun für sich allein 5 oder eine andre Kraft mit ihr zusammen wirken. Sie ist aber nur ein gewundener Keil, den man aber nicht schlagen kann, sondern der mittels des Hebels bewegt wird. Das wird aus dem noch zu Erwähnenden klar werden. 10

Wir sagen nun, dafs die Natur der um sie beschriebenen Linie folgende ist: Nimmt man irgend eine Seite eines sich auf einer Ebene bewegenden Cylinders an, und an dem Ende dieser Seite einen Punkt, der sich auf derselben bewegt und sie ganz durchläuft, in derselben 15 Zeit, in welcher jene Seite die Oberfläche des Cylinders einmal umkreist, und zu dem Orte, von dem sie sich zu bewegen angefangen hat, zurückkehrt, so ist die Linie, welche jener Punkt auf der Oberfläche des Cylinders beschreibt, eine Schraubenwindung, die man Schraube 20 nennt. Wenn wir diese Linie auf der Oberfläche eines Cylinders beschreiben wollen, so verfahren wir hierbei also: Wenn wir in einer Ebene zwei Linien annehmen, deren eine auf der anderen senkrecht steht, und deren eine gleich der Seite des Cylinders, die andre gleich dem 25 Kreis des Cylinders d. h. gleich dem Kreis seiner Grundfläche ist, wenn wir ferner die Endpunkte der den rechten Winkel einschliefsenden Linie verbinden, dann die der Seite des Cylinders gleiche Linie auf die Seite des Cylinders, und die dem Kreis der Grundfläche des Cylinders 30 gleiche Linie auf diesen legen, so wickelt sich die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite auf der Oberfläche des Cylinders auf und es entsteht darauf eine Schraubenwindung. Wir können auch die Seite des Cylinders in beliebig viele gleiche Teile teilen und auf jedem von 35 ihnen eine Schraubenwindung beschreiben, so dafs auf dem Cylinder viele Windungen entstehen, und der Cylinder

[٥] القوّة الخامسة وهى التى تسمّى اللولب[1] امّا
الآلات التى ذكرنا فانّ معانيها ظاهرة تتمّ بذاتها وذلك
ظاهر لنا فى اشياء كثيرة من استعمالاتها فاما اللولب
فان فى عمله واستعماله صعوبة كان هو الذى يعمل وحده
اوكان قوّة اخرى تعمل معه إلّا انّه ليس بشىء آخر إلّا 5
اسفين ملتو لا يناله ضرب بل يتحرّك بالمخل وذلك يتبيّن
بما نحن ذاكرون فنقول انّ طبيعة الخطّ المرسوم عليه
هى هذه اذا فرض ضلع من اضلاع شكل اسطوانىّ متحرك
على بسيط الاسطوانة وفرضت نقطة ما فى نهاية ذلك
الضلع تتحرّك على الضلع وتنفذ عليه كلّه فى الزمان الذى 10
يدور الضلع على[2] بسيط الشكل الاسطوانىّ كلّه دورة
واحدة ويرجع الى الموضع الذى منه ابتدأت[3] تتحرّك فانّ
الخطّ الذى ترسمه تلك النقطة على بسيط الشكل
الاسطوانىّ يكون دائرة لولبيّة وهى التى تسمّى اللولب
فاذا اردنا ان نرسم هذا الخطّ على بسيط الاسطوانة فانّا 15
نستعمل هذا العمل انّا اذا فرضنا على سطح ما خطّين
احدهما قائم على الاخر على زاوية قائمة كان احد الخطين
مساويا لضلع الاسطوانة والآخر مساويا لدائرة الاسطوانة
اعنى دائرة قاعدتها ووصلنا طرفى الخطّين المحيطين[4]
بالزاوية القائمة بخطّ يوتّر الزاوية القائمة ثمّ ركّبنا الخطّ 20

---

1) B om. 2) Codd. om. 3) BCL ابتدأ 4) Codd. om.

zu einer Schraube wird. Der Cylinder, auf dem eine Hypotenuse aufgewickelt wurde, heifst Schraube mit einer Windung, wenn nämlich die Cylinderseite nur eine Linie umfafst, die an seinem einen Ende beginnt und zum anderen reicht. 5

Wenn wir nun die Schraube gebrauchen wollen, so schneiden wir nach dieser auf dem Cylinder gezogenen

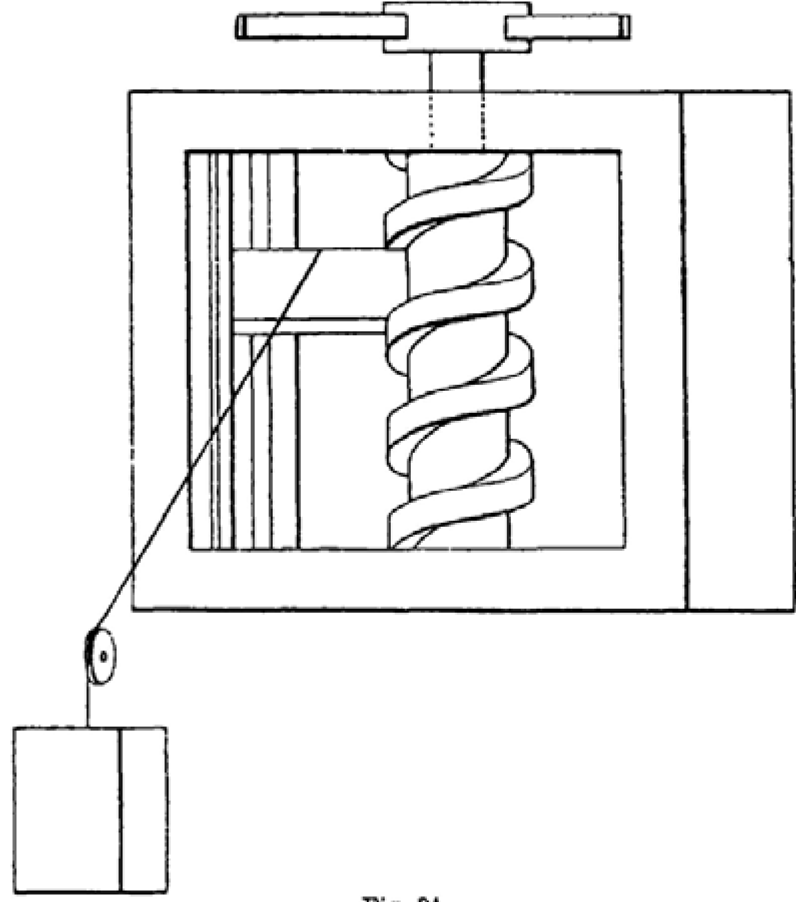


Fig. 24.

Linie eine tiefe Rinne ein, die in den Grund des Cylinders so weit eindringt, dafs wir in dieselbe das Tylos genannte Holz einfügen können. Dann benutzen wir die Schraube 10 in folgender Weise. Wir versehen ihre beiden Enden

المساوى لضلع الاسطوانة على ضلع الاسطوانة والخطّ
المساوى لدائرة قاعدة الاسطوانة على دائرة قاعدة الاسطوانة
فانّ الخطّ الموتّر للزاوية القائمة يلتفّ على بسيط الاسطوانة
فتكون عليه دائرة لولبية وقد يمكنّا ان نقسم ضلع الاسطوانة
في الاجزاء المتساوية بكم اردنا ونرسم على كلّ جزء منها 5
دائرة لولبية فتكون على الاسطوانة دوائر كثيرة لولبيّة
وتكون الاسطوانة لولبا وتسمّى الاسطوانة التى قد التفّ
عليها وتر زاوية واحدة[1] لولبا ذا دورة واحدة اعنى اذا
كان ضلع الاسطوانة لايحيط الا بخطّ واحد يبتدى من
احدى نهايتيه وينتهى الى الاخرى فاذا اردنا استعمال 10
اللولب حفرنا على هذا الخطّ الملتف على الاسطوانة حفرا
عميقا[2] يصل الى قعر الاسطوانة حتى يمكنّا ان نركّب فى
ذلك الحفر الخشبة التى تسمى طولس ثم نستعمل اللولب
على هذه الجهة ندير طرفيه تدويرا مملّسا[3] ونركّبهما فى
ثقب مستديرة من اركان ثابتة ليكون تدويره فى تلك 15
الثقب سلسا ونركّب الخشبة التى تسمى قانون قائمة
موازية لخشبة اللولب وليكن فى هذا القانون حفر
ميزابىّ عميق ظاهر[4] فى بسيط الخشبة فى الجهة التى
تلى اللولب ثم نركّب طرف العود الذى يسمّى طولس

1) LC om. 2) L om. 3) Codd. مليسا et ملسا
4) K om.

mit einer glatten Rundung, und fügen sie in runde Löcher in festen Stützen, so dafs sie sich in diesen Löchern leicht drehen läfst. Dann bringt man das Kanon genannte Holz senkrecht und parallel zum Holz der Schraube an. In diesem Kanon befinde sich eine tiefe kanalartige Rinne, 5 die sich auf der, der Schraube zugewandten Seite des Holzes zeigt. Dann bringen wir die eine Seite des Tylos genannten Holzes in die Rinne der Schraube, die andre in die Rinne des Kanon. Wenn wir nun mit diesem Werkzeug eine schwere Last heben wollen, nehmen wir 10 eins von den Hoplon genannten Seilen, binden sein eines Ende an der Last, die wir bewegen wollen, fest, das andre an dem Tylos genannten Holze, nachdem wir das Ende der Schraube mit einander entgegengesetzten Löchern durchbohrt haben. Nun fügen wir in diese Löcher Speichen 15 und drehen mittels derselben die Schraube, so hebt sich der Tylos, durch seine Bewegung in der Rinne, die in der Schraube ist, und zugleich mit ihm hebt sich der Strick und hebt die an ihm befestigte Last in die Höhe.

Statt der Speichen können wir an dem aufserhalb der 20 festen Stütze befindlichen Ende der Schraube ein mit Handhaben versehenes Viereck anbringen, mit Hilfe dessen wir die Schraube drehen und die Last sich hebt.

Die Schraubenrinne, die sich auf dem Cylinder befindet, ist manchmal viereckig und manchmal linsenförmig. 25 Die viereckige ist diejenige mit senkrechten Einschnitten, deren Grube in zwei Linien endigt, die linsenförmige diejenige, deren Einschnitte geneigt sind, und die nur in einer Linie endigen. Diese Schraube wird linsenförmig, die andre viereckig genannt. 30

6 Wird die Schraube für sich allein angewendet, so geschieht es in dieser Weise. Benutzt man sie aber anders, in Verbindung mit einer anderen Kraft, nämlich der durch die Welle mit aufgesetztem Rade wirksamen, so geschieht es in folgender Weise. Denken wir uns an 35 dem Rade auf der Welle Zähne, während eine Schraube dem Rade gegenübersteht, entweder senkrecht zur Erde

فى حفر اللولب وطرفه الاخر فى حفر القانون فاذا اردنا
ان نرفع([1] حملا ثقيلا بهذه الآلة نأخذ قلسا من القلوس
التى تسمّى سلاح ونشدّ احد طرفيه فى الحمل الذى
نريد ان نرفعه والآخر فى العود الذى يسمّى طولس ونكون
5 قد ثقبنا فى طرف اللولب ثقبا مخالفة([2] فنركّب([3] فى
هذه الثقب اوتادا وندير اللولب بهذه الاوتاد([4] فيرتفع
هذا الطولس بحركته فى الحفر الذى فى اللولب ويرتفع
بارتفاعه الحبل فيقلّ([5] الثقل المرتبط فيه([6] وقد يمكنّا ان
نركّب([7] بدل الاوتاد مربعة ذات مقابض فى طرف اللولب
10 الخارج عن الركن الثابت فندير اللولب بهذه المربّعة ويرتفع
الحمل فامّا الحفر اللولبىّ الذى يكون على الاسطوانة فانّه
ربّما كان مربعا وربّما كان عدسيّا فامّا المربّع فهو القائم
الحفر الذى ينتهى حفره الى خطّين وامّا العدسىّ فهو
الذى حفره مائل وينتهى الى خط واحد فيسمّى هذا
15 عدسيّا والاخر يسمى مربّعا ⊙

[٩] فاللولب اذا كان يستعمل مفردا وحده فعلى
هذه الجهة يستعمل وامّا إن استعمل استعمالا آخر بمشاركته

---

1) Codd. ندير 2) K مخالفا 3) K لتركّب 4) K فيكون قد تحرك بقوة الآلة 5) K فينتقل 6) B add. اقلّ من القوة الموازية له 7) Codd. add. فى طرف اللولب

oder parallel zur Erdebene. Die Zähne sollen in das Schraubengewinde eingreifen und die Enden der Schraube in zwei runden Löchern in zwei festen Stützen, wie vor-

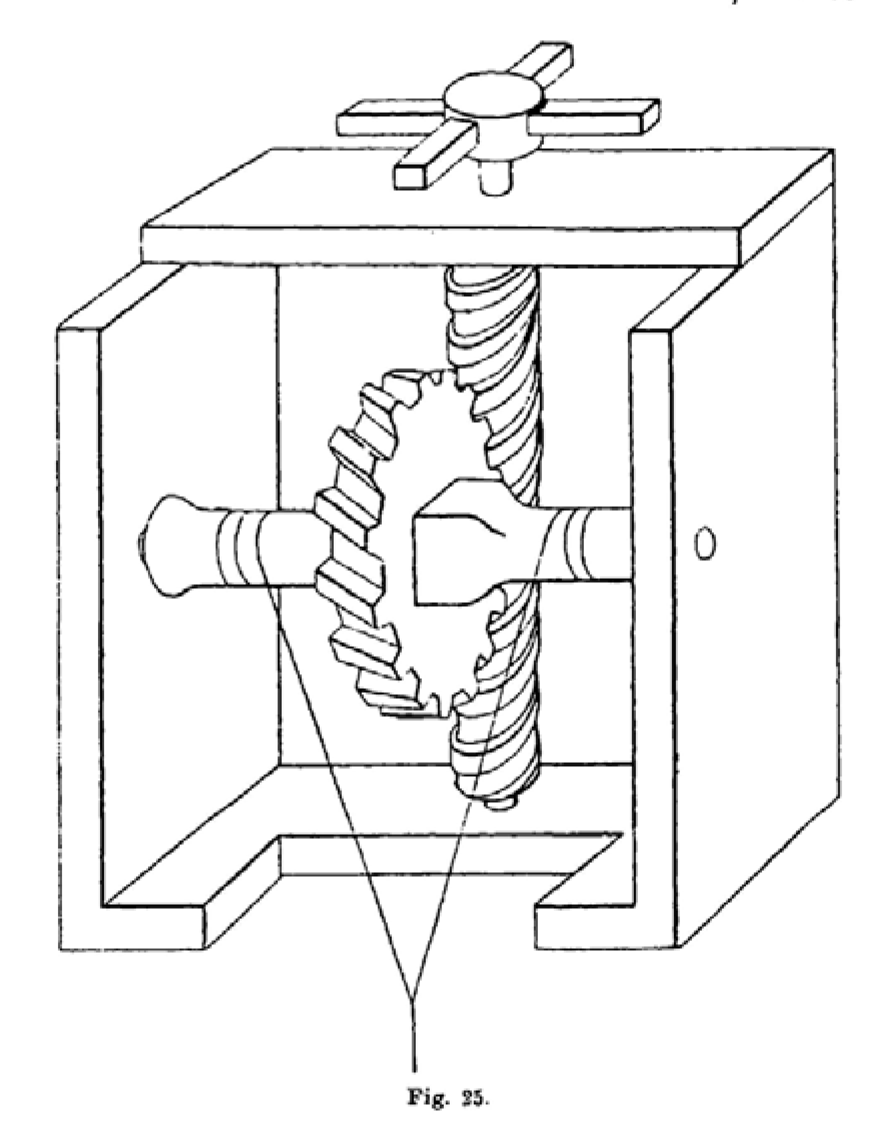


Fig. 25.

her beschrieben, liegen. Am einen Ende der Schraube befinde sich ein über die feste Stütze hinausragender 5 Fortsatz, worauf ein Viereck mit Handhaben befestigt ist, oder wir bohren in diesen überragenden Fortsatz Löcher,

قوّة اخرى وهى التى تفعل بالمحور الذى عليه فلكة مركّبة فهى[1] تكون على هذه الجهة نتوهّم للفلكة التى على المحور اوتادا ولولب ما محاذى الفلكة إمّا قائم على الارض وإمّا موازٍ لسطح الارض ولتكن الاوتاد مركبة فى الحفر اللولبىّ واطراف اللولب تكون فى ثقبين مستديرين من 5 ركنين ثابتين[2] على ما وصفنا فيما تقدم وليكن طرف اللولب فيه فضل خارج عن الركن الثابت مركّب[3] فيه مربعة ذات مقابض او نثقب فى ذلك الفضل الخارج ثقبا لنركّب فيها اوتادا ندوّر اللولب بها فاذا اردنا ان نرفع ثقلا ما بهذه الآلة نشدّ القلوس المرتبطة بالحمل على المحور 10 من جنبتى الفلكة وندير اللولب الذى قد ركّبنا فيه اوتاد الفلكة فتدور الفلكة والمحور ويستقلّ ذلك الثقل ⊙

[٧] امّا[4] صنعة الخمس قوى التى تقدّم وصفها والعمل بها فقد اتينا على ذكره وشرحه وامّا العلّة التى بها صارت كل واحدة من هذه الآلات تحرّك اثقالا عظاما 15 بقوّة يسيرة فانّا الآن نخبّر به هكذا ⊙ نفرض دائرتين على مركز واحد وهو علامة آ وليكن قطراهما خطّى $\overline{بج}$ $\overline{دە}$ ولتكن الدائرتان متحرّكتين على علامة آ التى هى مركزهما ولتكن الدائرتان قائمتين على الافق ولنعلق على علامتى

---

1) Codd. وهى 2) K قائمين 3) Codd. المركّب
4) Codd. add. عمل

um darin Speichen anzubringen, mit denen wir die Schraube drehen. Wenn wir mit diesem Werkzeug irgend eine Last heben wollen, so binden wir die an der Last befestigten Seile zu beiden Seiten des Rades an die Welle. Dann drehen wir die Schraube, in welche wir die Zähne 5 des Rades eingreifen liefsen, so wird sich das Rad mit der Welle drehen und jene Last sich heben.

7 Die Herstellung der vorher beschriebenen fünf Potenzen und ihre Anwendung haben wir eben dargelegt und erläutert. Den Grund, weshalb jede von diesen Maschinen 10 grofse Lasten durch eine geringe Kraft bewegt, wollen wir jetzt auseinandersetzen, wie folgt. Denken wir uns zwei Kreise um denselben Mittelpunkt, 15 nämlich den Punkt $\alpha$, deren beide Durchmesser die Linien $\beta\gamma$ und $\delta\varepsilon$ seien. Die beiden Kreise mögen um den 20 Punkt $\alpha$, ihren Mittelpunkt, beweglich sein, und dieselben mögen senkrecht auf dem Horizont stehen. Hängen wir nun 25 in den beiden Punkten $\beta$ und $\gamma$ gleiche Gewichte, nämlich $\eta$ und $\zeta$ auf, so ist klar, dafs die Kreise

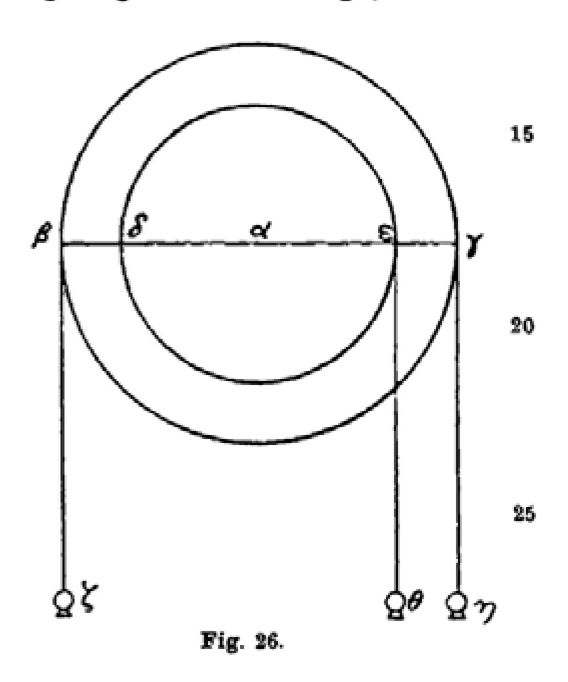


Fig. 26.

sich nicht nach irgend einer Seite neigen, weil die Ge- 30 wichte $\zeta$ und $\eta$ gleich, und die Abstände $\beta\alpha$ und $\alpha\gamma$ ebenfalls gleich sind, so dafs $\beta\gamma$ ein Wagebalken ist, der sich um einen Aufhängepunkt, nämlich den Punkt $\alpha$, bewegen läfst. Wenn wir nun das Gewicht bei $\gamma$ verschieben und es in $\varepsilon$ aufhängen, so wird sich die 35 Last $\zeta$ nach unten senken und die Kreise in Drehung versetzen. Wenn wir aber das Gewicht $\vartheta$ vermehren,

بَجَ ثقلين متساويين وهما علامتا زح فيظهر لنا ان الدوائر
لا تميل الى جهة من الجهات لان ثقلى زح متساويان
وبعدى بَا اَجَ متساويان فيكون بَجَ عمود ميزان يتحرك
على علاقة هى علامة اَ فإن نقلنا الثقل الذى على جَ فعلّقناه[1]
على هَ يميل الى ما[2] اسفل منحطّا ثقل زَ ويدير الدوائر 5
فاذا زدنا فى ثقل طَ سيعادل ثقل زَ وتكون نسبة ثقل
طَ الى ثقل زَ كنسبة بعد با الى بعد اه فنتوهّم خطّ بَهَ
ميزانا يتحرّك على علاقة هى علامة اَ وذلك قد بيّنه
ارشميدس فى كتابه فى مساواة الميل فيظهر من هاهنا
انّه ممكن ان يحرّك عظم كبير بقوة يسيرة لانّه اذا كانت 10
دائرتان على مركز واحد وكان الثقل الكبير على قوس ما
من الدائرة * الصغيرة والقوّة اليسيرة على قوس ما من
الدائرة[3] العظيمة وكانت نسبة الخطّ الخارج من مركز
الكبيرة الى الخطّ الخارج من مركز الصغيرة اعظم من نسبة
الثقل الكبير الى القوة اليسيرة التى تحرّكه فإنّ القوّة اليسيرة 15
تقوى على الثقل الكبير[4] ⊙

[٨] فاذا كان قد صحّ لنا هذا فى تمثيلنا فى الدائرة
فانّا نريد ان نبيّن ذلك فى هذه[5] الخمس قوى ونوضح

---

1) L om. 2) BCL om. 3) LCK om. 4) B add.
لان نسبة خطّ (الخطّ .l) الخارج من مركز العظمى الى مركز
الصغرى كنسبة الثقل المحرك الى القوة المحرّكة ⊙ 5) K هذا

wird es dem Gewicht $\zeta$ wieder das Gleichgewicht halten und es verhält sich dann die Last $\vartheta$ zur Last $\zeta$, wie der Abstand $\beta\alpha$ zum Abstand $\alpha\varepsilon$ und wir denken uns so die Linie $\beta\varepsilon$ als Wage, die sich um einen Aufhängepunkt, nämlich den Punkt $\alpha$, bewegen läſst. Dies hat Archimedes 5 in seiner Schrift über das Ausgleichen der Neigung bewiesen. Hieraus erhellt, daſs es möglich ist eine gewaltige Gröſse durch eine kleine Kraft zu bewegen. Denn wenn man zwei Kreise um denselben Mittelpunkt hat, und die gröſsere Last an irgend einem Bogen des kleineren, die kleinere 10 an einem Bogen des gröſseren sich befindet, das Verhältnis der vom Mittelpunkt des gröſseren Kreises ausgehenden Linie zu der vom Mittelpunkt des kleineren ausgehenden aber gröſser ist, als das Verhältnis der groſsen Last zur geringen Kraft, die sie bewegt, so wiegt die geringe 15 Kraft die groſse Last auf.

8 Da wir dies nun an unserem Beispiel mit dem Kreis als richtig befunden haben, so wollen wir dasselbe jetzt für die fünf Potenzen zeigen, und, wenn wir dies gethan haben, ist auch der Beweis für dieselben geliefert. Schon 20 die Alten, die vor uns waren, haben übrigens diese Einleitung ausgeführt. Beweisen wir es nun für das Hebel genannte Werkzeug.

Der Hebel bewegt schwere Gegenstände auf zweierlei Weise: entweder indem er in einer dem Erdboden pa- 25 rallelen Lage sich befindet, oder indem er sich von dem Erdboden erhebt und schief gegen denselben steht. Man gebraucht ihn, indem man das über dem Erdboden erhabene Ende desselben nach dem Boden zu herunterdrückt. Nehmen wir zuerst an, er sei dem Erdboden parallel. 30 Der Hebel sei die Linie $\alpha\beta$ und die durch ihn zu bewegende Last, nämlich $\gamma$, bei dem Punkte $\alpha$, die bewegende Kraft bei dem Punkte $\beta$, der Stein unter dem Hebel, auf dem sich derselbe bewegt, bei dem Punkte $\delta$ und sei $\beta\delta$ gröſser als die Linie $\delta\alpha$. Wenn wir nun das bei $\beta$ befindliche 35 Hebelende heben, so daſs sich der Hebelarm über den Stein, um den sich der Hebel dreht, erhebt, so bewegt

برهانها[1] بعد هذا العمل فقد كان القدماء الذين
كانوا قبلنا يقدّمون هذه المقدّمة فلنبيّن الآن ذلك اولًا
فى الآلة التى تسمى المخل وهذا المخل يحرّك الثقيلات[2]
على ضربين إمّا بان كان موضوعا وضعا يكون موازيا
للارض او بان يكون متعاليا عن الارض* مائلا عليها فيكون 5
العمل به بان يكبّس طرفه المتعالى عن الارض الى ما يلى
الارض فلنفرضه[3] اولا موازيا للارض وليكن المخل خط
اب وليكن الثقل الذى* يتحرّك بالمخل على علامة آ وهو
ثقل[4] جَ ولتكن القوة المحرّكة على علامة بَ وليكن الحجر
الذى تحت المخل الذى يتحرّك المخل عليه على علامة دَ 10
وليكن بَدَ اعظم من خطّ دَاَ فاذا نحن رفعنا طرف المخل
الذى علامة بَ ونعالى المخل عن الحجر الذى يدور
عليه فانّ الثقل الذى هو جَ يتحرّك الى الجهة الاخرى
فترسم علامة بَ دائرة على مركز د وترسم علامة آ ايضا
دائرة على هذا المركز اصغر من الدائرة التى ترسمها علامة 15
بَ فان كانت نسبة خطّ بَدَ الى دَاَ هى نسبة الثقل
الذى هو جَ الى القوّة التى عند بَ فانّ ثقل جَ يعادل قوّة
بَ وان كانت نسبة بَدَ الى دَاَ اعظم من نسبة الثقل الى

---

1) K براهينها 2) B الاشياء الثقال L الثقلات K الثقيلان 3) K om. 4) B يحركه طرف آ هو الثقل الذى عليه

sich die Last $\gamma$ nach der anderen Seite. Dann beschreibt der Punkt $\beta$ einen Kreis um den Mittelpunkt $\delta$ und der Punkt $\alpha$ um denselben Mittelpunkt einen kleineren Kreis, als den vom Punkte $\beta$ beschriebenen. Wenn sich nun

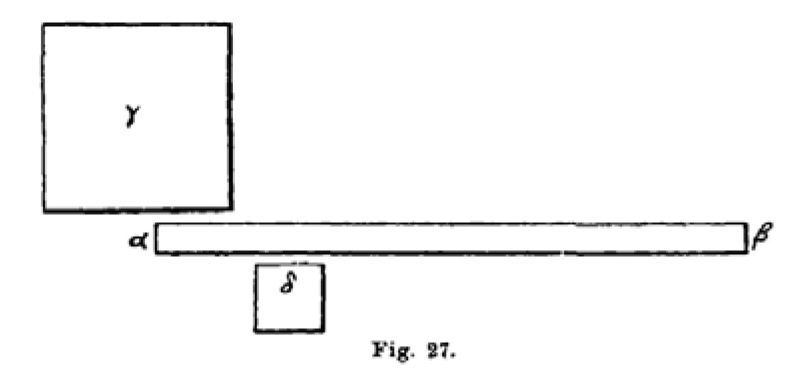



Fig. 27.

die Linie $\beta\delta$ zu $\delta\alpha$ verhält wie die Last $\gamma$ zur Kraft bei 5 $\beta$, so hält die Last $\gamma$ der Kraft $\beta$ das Gleichgewicht. Ist das Verhältnis $\beta\delta : \delta\alpha$ gröſser als das der Last zur Kraft, so hat die Kraft das Übergewicht über die Last, weil zwei Kreise um denselben Mittelpunkt vorhanden sind, und die Last sich am Bogen des kleineren Kreises, 10 und die bewegende Kraft sich am Bogen des gröſseren befindet. Es ist also klar, daſs sich beim Hebel dieselbe Erscheinung zeigt, wie bei den zwei Kreisen um denselben Mittelpunkt. Also ist die Begründung für den Hebel, der Lasten bewegt, dieselbe wie die für die zwei Kreise 15 vorgebrachte.

9 Nehmen wir nun einen anderen Hebel an, der die Linie $\alpha\beta$ sei und sich um ein Hypomochlion, nämlich $\delta$, bewegen lasse. Das eine Ende des Hebels, nämlich der Punkt $\alpha$, sei unter der Last $\gamma$, das andre erhaben über 20 dem Erdboden, nämlich beim Punkte $\beta$. Wenn wir nun das bei $\beta$ befindliche Ende des Hebels nach dem Boden zu herabdrücken, so haben wir die Last $\gamma$ bewegt. Nun behaupte ich, daſs sie sich bei diesem Verfahren nicht so bewegt wie bei dem ersten. Denn bei diesem Ver- 25 fahren bewegt sich ein Teil der Last, und der andere

القوّة فانّ القوّة تقوى على الثقل لانّهما دائرتان على مركز
واحد والثقل هو على قوس من الدائرة الصغرى والقوّة
المحرّكة على قوس من الدائرة العظمى فقد يظهر لنا انّه
يعرض فى المخل العارض الذى عرض للدائرتين اللتين
على مركز واحد فاذًا المخل المحرّك للثقيلات العلّة فيه 5
هى العلّة التى عرضت للدائرتين ⊙

[٩] ولنفرض ايضا مخلا يكون خطّ اب يتحرّك على
حجر تحت المخل وهو د وليكن احد طرفى المخل
الذى هو علامة ا يكون تحت حمل ج والطرف الاخر
يكون متعاليا عن الارض وهو على علامة ب فان نحن 10
كبّسنا طرف المخل الذى هو على علامة ب الى ما يلى
الارض كنّا قد حرّكنا ثقل ج فاقول إنّه لا يتحرك بهذا
العمل مثل ما تحرّك فى العمل الآخر لان فى هذا العمل
بعض الثقل يتحرّك وبعضه يبقى ثابتا على الارض فلنتوهّم
سطحا ما خارجا على علامة ه قائما على الافق وليكن 15
فاضل من الثقل وهو([1] هزط* وليكن هذا الثقل الذى
هو هزط معادلا للثقل الذى هو هزح([2]* فان توهّمنا[3]
هذا الثقل الذى هو([4] جميع هحط مفصولا من الحمل
موضوعا فى الموضع الذى هو فيه فانّه لا يميل الى جهة

1) L الذى هو 2) LCK om. 3) K وليكن 4) LCB add. من

bleibt auf der Erde liegen. Denken wir uns nun eine Ebene senkrecht durch den Punkt $\varepsilon$ gehen und es entstehe ein überragender Teil der Last, nämlich $\varepsilon\zeta\vartheta$. Diese Last $\varepsilon\zeta\vartheta$ sei im Gleichgewicht mit einem andern Teile, $\varepsilon\eta\zeta$. Denken wir uns nun dieses ganze Gewicht $\varepsilon\eta\vartheta$ 5 von der Last getrennt, und an dem Platze, wo es sich befindet, aufgestellt, so wird es sich nach keiner Seite

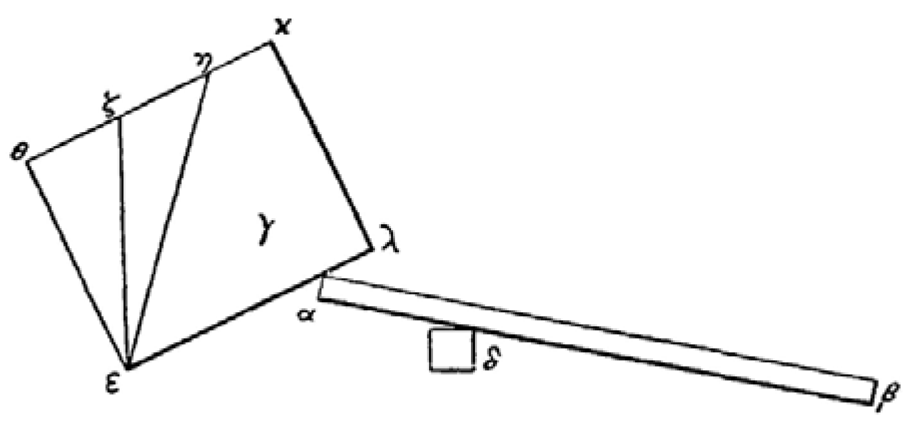



Fig. 28.

hin neigen, weder nach $\vartheta$, noch nach $\eta$, weil sich die beiden Gewichte $\varepsilon\vartheta\zeta$ und $\varepsilon\eta\zeta$ einander das Gleichgewicht halten. Also bedarf der Teil $\varepsilon\eta\vartheta$ überhaupt keiner Kraft 10 und folglich ist es nur der Teil $\varepsilon\eta\varkappa\lambda$ der Last, den der Hebel bewegt. Wenn der Hebel $\alpha\beta$ die ganze Last $\varepsilon\vartheta\varkappa\lambda$ bewegte, so verhielte sich $\beta\delta$ zu $\delta\alpha$ wie die Last $\varepsilon\vartheta\varkappa\lambda$ zur Kraft bei $\beta$; er bewegt sie aber nicht ganz, weil ein Teil der Last durch die angenommene (senkrechte) Ebene 15 gehalten wird, und dieser Teil sei z. B. die Hälfte. Denken wir uns nämlich jene (senkrechte) Ebene nicht, so daſs das Ganze als Wage um den Punkt $\delta$ erscheint, und fügen der bewegenden Kraft einen jenem Überschuſs (der als Beispiel vorgenannten Hälfte der Last) gleichen Betrag 20 hinzu, so wird die Kraft nach unten gedrückt, und das Hebelende bei $\alpha$ hebt sich, weil die Lasten sich auf die bewegenden Kräfte gleichmäſsig, (nicht proportional, wo-

من الجهات لا الى جهة ط ولا الى جهة ح لمعادلة ثقلى ه‍طز ه‍حز احدهما للآخر فاذًا جزء الحمل الذى هو ه‍حط ليس يحتاج الى قوّة بتّة فاذًا جزء الحمل الذى هو ه‍حكل هو الذى يحرّكه المخل فلو كان مخل اب يحرّك جميع ثقل ه‍طكل كانت نسبة بد الى دا كنسبة 5 ثقل ه‍طكل الى القوّة التى عند ب ولكنّه ليس يتحرّك كله وذلك انّ جزءا منه يضبطه السطح المفروض وذلك الجزء هو نصفه لانّ ذلك السطح لو لم نتوهّمه وزدنا فى القوة المحركة قدرا مساويا لذلك الفضل كانت القوة تندفع الى اسفل ويرتفع[1] طرف المخل الذى عند ا لانّ 10 الاثقال تنقسم على القوى المحرّكة لها قسمة المساواة فاذًا السطح المفروض هو ياخذ نصف الثقل فاذًا ان كانت القوّة التى عند ب معادلة لثقل ه‍حكل تكون نسبة بد الى دا كنسبة ثقل ه‍حكل الى قوّة ب والقدر الذى يرتفع الحمل عن الارض بذلك القدر يحتاج من القوّة الى الاقلّ 15 فيكون موضوعا وضعا لا يحتاج الى قوّة اذا كان السطح المخرج على علامة ه القائم على الافق يقسم الحمل بنصفين وهذا العمل بالمخل[2] منسوب الى الدائرة ولكنّه ليس على العمل الاوّل ⊙ وامّا ان يكون الميزان ايضا منسوبا الى الدائرة فذلك ظاهر لانّ الدائرة ميزان ما ⊙ 20

---

1) Codd. om. 2) Codd. بالحمل

durch Gleichgewichtslage einträte) verteilen. Also nimmt die gedachte Ebene die Hälfte der Last weg. Wenn nun die Kraft bei $\beta$ der Last $\varepsilon\eta\varkappa\lambda$ das Gleichgewicht hält, so verhält sich also $\beta\delta$ zu $\delta\alpha$ wie die Last $\varepsilon\eta\varkappa\lambda$ zur Kraft $\beta$; und es bedarf einer um so viel geringeren Kraft, 5 als sich die Last von der Erde hebt. Diese Last nimmt schliefslich eine solche Lage ein, dafs sie überhaupt keiner Kraft bedarf, wenn nämlich die durch den Punkt $\varepsilon$ gehende senkrechte Ebene die Last in zwei Hälften teilt.

Auch dieses Verfahren mit dem Hebel läfst sich auf 10 den Kreis zurückführen; aber es ist nicht wie beim ersten Verfahren. Dafs sich die Wage ebenfalls auf den Kreis zurückführen läfst, ist klar, da ja der Kreis eine Wage ist.

**10** Was nun die Welle mit dem Rade angeht, so ist sie nichts anderes als zwei Kreise um denselben Mittelpunkt, 15 deren einer, nämlich der Kreis der Welle, klein, der andre, nämlich der des Rades, gröfser ist. Deshalb findet mit Recht das Aufhängen der Last an der Welle statt, und die bewegende Kraft befindet sich an dem Rade, weil bei diesem Verfahren die kleine Kraft eine grofse Last aufwiegt. 20 Diesen Satz haben unsere Vorgänger schon ausgesprochen; wir haben ihn hierhergesetzt, damit unsere Schrift vollständig werde und eine wohlgeordnete Anlage habe.

**11** Reden wir jetzt von der Begründung des Flaschenzug genannten Werkzeuges. Denken wir uns ein in der Höhe 25 befindliches Rad bei dem Punkte $\alpha$, um das ein Seil (Hoplon), nämlich $\beta\gamma$ geschlungen sei. An die beiden freien Enden des Seiles werde die Last, nämlich $\delta$ gebunden, die sich ebenfalls in der Höhe über dem Erdboden befinde. Dann ist klar, dafs die beiden herabhängenden Enden des Seiles 30 gleichweit herabhängen und jedes von ihnen die Hälfte der Last $\delta$ trägt; denn von den herabhängenden Teilen würde, wenn das herabhängende Stück nicht gleich wäre, der höhere den länger herabhängenden hinaufziehen. Wir bemerken aber nichts davon, weil jedes von den beiden 35 herabhängenden Enden des Seiles ruhig bleibt. Teilen wir nun die Last in zwei Hälften, d. i. in zwei gleiche

[١٠] وامّا المحور المركّب فى الفلكة فانّه ليس شىء آخر الّا دائرتين على محور* واحد احداهما صغيرة وهى دائرة المحور[1] والاخرى كبيرة وهى دائرة الفلكة فلذلك[2] باستحقاق صار تعليق الثقل على المحور وصارت القوّة المحرّكة على الفلكة لان بهذا العمل تقوى القوّة 5 البسيرة على ثقل عظيم وهذا القول قد قاله الذين كانوا قبلنا إلا انّا وضعناه[3] هاهنا ليكون كتابنا متمّما وليكون له ترتيب مؤلف ⊙

[١١] فلنقل الآن فى علّة الآلة التى تدعى كثيرة الرفع نفرض فلكة متعالية على علامة آ وعليها قلس سلاح 10 وهو بَجَ ونشدّ فى طرفى الحبل الممدودين ثقلا وهو دَ وليكن هذا الثقل متعاليا عن الارض فيظهر ان الجزئين الممتدّين من القلس امتدادهما متساو وكلّ واحد منهما ثقلّ[4] نصف ثقل دَ لان الجزئين الممتدين ان لم يكن الممدود منهما متساويا فانّ الذى هو منهما اكثر 15 امتدادا يشيله اكثرهما ارتفاعا ولكنّا ليس نرى شيئا من هذا لان كل واحد من الجزئين الممتدين من القلس ساكن فان نحن قسمنا ثقل[5] دَ بنصفين اعنى بجزئين متساويين يظهر لنا ان الجزئين من القلس الممدودين

1) B om. 2) BCL فذلك K فكذلك 3) Codd. وصفناها 4) Codd. ثقل 5) B om.

Teile, so zeigt es sich, dafs die beiden herabhängenden Teile des Seiles in Ruhe verharren, weil die sie anspannende Kraft dieselbe ist, nämlich diejenige, die sie zuerst anspannte. Also hält die Hälfte der Last der ihr gleichen Last das Gleichgewicht. Die beiden herabhängenden Teile des Seiles sind noch unter einem anderen Gesichtspunkte gleich, weil gleiche Gewichte an gleichen Linien aufgehängt sind; denn das angespannte Seil berührt zwei Punkte des Rades, die einander entgegengesetzt sind und deren Entfernung vom Mittelpunkt dieselbe ist; so ist es, als seien die beiden Gewichte in diesen beiden Punkten aufgehängt.

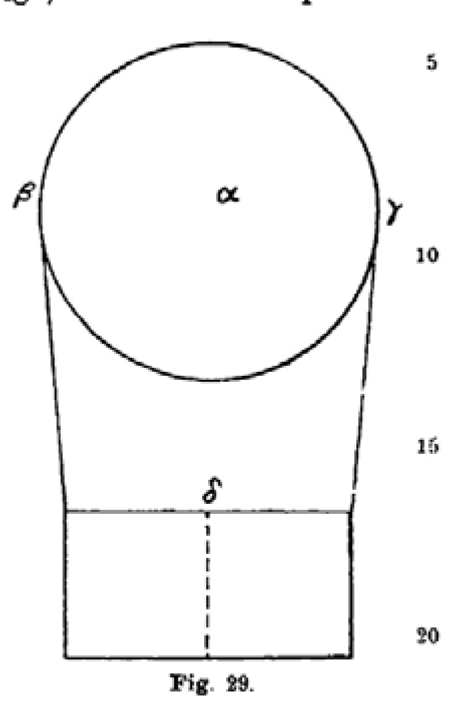


Fig. 29.

Bei diesem Verfahren und in dieser Weise hält eine schwere Last oder ein grofses Gewicht einer geringen Kraft nicht das Gleichgewicht, und deshalb nennt man diese Art des Flaschenzug genannten Werkzeuges einfachen Zug. Dieser sogenannte einfache Zug ist also derjenige, bei dem das Seil doppelt herabhängt.

**12** Wir wollen jetzt den doppelten Zug erklären; das ist derjenige, bei dem drei Teile des Seiles gespannt sind. Auf gleiche Weise wird, je öfter man das Seil hin und wieder her spannt, nach der Zahl dieser Wiederholungen das Werkzeug als von so und so viel Zügen benannt, nachdem man von der Zahl der Wiederholung der Spannungen eins abgezogen, damit der Name die Zahl angebe, die um eins kleiner ist als jene Zahl, nämlich als die Zahl der Wiederholungen des Seiles. Denken wir uns nun das bei δ befindliche Ende des Seiles über eine Rolle laufen und nach einer festen Stütze, die mit der Rolle

يكونان[1] ساكنين لان الثقل الذى يمدهما ثقل واحد
وهو الذى كان يمدّهما اوّلا فيكون نصف الثقل معادلا
للثقل المساوى* له ويكون ايضا الجزآن الممدودان من
القلس متساويين من جهة اخرى لانّه قد علق اثقال
متساوية فى خطوط متساوية[2] وذلك ان القلس الممدود 5
يماسّ من قوس الفلكة نقطتين هما نظائر بعضها بعضا وبعدهما
من المركز متساو والاثقال كأنّها معلقة بهاتين النقطتين ⊙
فعلى هذا العمل وبهذه الجهة ليس يعادل حمل ثقيل
او ثقل عظيم قوة يسيرة ولذلك يسمى هذا الباب من
الآلة التى تسمى كثيرة الرفع ذا[3] رفع واحد وهذا[4] 10
الذى يسمّى ذا الرفع الواحد هو الذى القلس فيه ممدود
مدّتين[5] ⊙

[١٢] فلنبيّن الان الذى هو ذو رفعين وهو الذى
فيه من القلس ثلثة اجزاء ممدودة وعلى هذه الجهة كلّما
تكاثر امتداد القلس وتكرّر انبساطه بعدّة ذلك التكرير 15
تسمّى الآلة ذا[6] رفع بعد نقصان واحد من عدد تكرير[7]
انبساط القلس ليكون الاسم سميّا للعدد الذى هو اقلّ
من ذلك العدد اعنى عدد تكرير القلس بواحد فلنتوهّم
طرف القلس الذى عند دٓ داخلا فى بكرة نافذا منها الى

---

1) B om. 2) B om. 3) Codd. ذو 4) BCL وهو
5) L ممدودتين 6) Codd. ذو 7) L تكثر K كثير

$\alpha$ zusammenhängt, gehen, nämlich zum Punkte $\eta$, so ist die Spannung der Stränge gleich, aus dem von uns angegebenen Grunde, weil jeder von ihnen ein Drittel der Last zieht. Wird nun die Last $\zeta$ in drei gleiche Teile geteilt, so daſs das nach $\vartheta\beta$ fallende Teil davon das Doppelte von $\gamma$ ist, so ruht die Last, und nichts von ihr neigt sich nach irgend einer Seite, so daſs das am Strang $\gamma$ aufgehängte Gewicht dem am Strang $\delta$ aufgehängten das Gleichgewicht hält, während letzteres das Doppelte

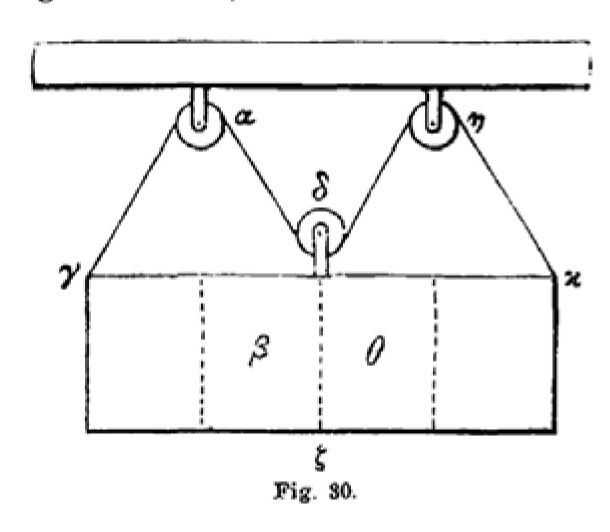


Fig. 30.

der anderen Seite ist. Wenn wir nun an Stelle von $\gamma$, d. i. dem dritten Teil der Last, eine dem Gewicht entsprechende Kraft anbringen, die das Seil festhält, so wird die übrige Last sie nicht aufwiegen, obwohl sie kleiner als jene ist. Ebenso verhält es sich, wenn wir das Ende des Seiles bei $\eta$ über eine in $\eta$ befestigte Rolle laufen lassen und es anziehen, bis sein Ende an der Last $\zeta$ im Punkte $\varkappa$ angebunden ist; denn jedes der Seile trägt den vierten Teil des Gewichtes der Last. Teilt man die Last abermals, so daſs das nach den Punkten $\vartheta\beta\gamma$ fallende Stück derselben das Dreifache des nach dem Punkt $\varkappa$ fallenden ist, so hält das Gewicht bei $\varkappa$ dem Rest der Last das Gleichgewicht, und es verhält sich die Anzahl der angespannten Seile, die die Last heben, zu dem Seile,

ركن ثابت يكون عند بكرة آ على علامة ح فيكون امتداد
القلوس متساويا للعلّة التى وصفنا لان كلّ واحد منهما
يمد ثلث الثقل فان قسم ثقل زَ بثلاثة اقسام متساوية
حتى يكون ما يلى منه جهة طَبَ ضعف جَ فان الثقل
يسكن ولا يميل منه شىء الى جهة من الجهات فيكون 5
الثقل المعلّق فى قلس جَ معادلا للثقل المعلّق فى قلس
دَ[1] وهو ضعف الجهة الاخرى فان نحن صيّرنا مكان جَ
التى هى ثلث الثقل قوّة معادلة للثقل تمسك القلس فان
الثقل الباقى لا يقوى عليها وهى اقلّ منه وذلك ايضا ان
نحن ادخلنا طرف القلس الذى عند حَ فى بكرة تكون 10
مشدودة عند حَ ومددناه حتى نشدّ طرفه فى ثقل زَ على
علامة لَ فانّ كل واحد من القلوس الممدودة[2] يقلّ ربع
الثقل فان قسم الحمل ايضا قسمة اخرى حتى يكون
ما يلى منه علامات طَبَجَ[3] ثلاثة امثال ما يلى علامة لَ
فانّ الثقل الذى عند علامة لَ يعادل باقى الثقل وتكون 15
نسبة عدد القلوس الممدودة التى تقلّ الثقل الى القلس
الذى يجرّه[4] كنسبة الثقل الى الثقل فينبغى فى كلّيّة
هذه الاثقال ان تكون نسبة الثقل المعلوم الى القوّة التى
تحركه كنسبة القلوس الممدودة التى تقلّ الثقل الى

1) Codd. دَلَ  2) LC om.  3) Codd. طَدَبَ  4) B يحركه LCK يجرّ

welches zieht, wie die Last zur (Gegen-)Last. Überhaupt mufs bei all diesen Lasten das Verhältnis der bekannten Last zu der sie bewegenden Kraft sein wie das Verhältnis der gespannten Seile, die die Last heben, zu den Seilen, welche die bewegende Kraft bewegt. Wenn z. B. die Last fünfzig Talente ist, und die bewegende Kraft fünf, so müssen die angespannten Seile, die die Last tragen, zehn mal so viel sein als die Seile, an welchen die Kraft von fünf Talenten zieht, so dafs die angespannten Seile, die die Last tragen, zehn sind, während das Seil an der bewegenden Kraft eins ist. Sind aber die Seile, die die Last tragen zwanzig, so sind die Seile an der bewegenden Kraft zwei. Unter diesen Bedingungen hält die Kraft der Last das Gleichgewicht. Soll aber die Kraft die Last aufwiegen, so vermehren wir entweder die Kraft oder die Seile, die die Last tragen. So ist also der Beweis für die Flaschenzug genannten Rollen geliefert, und wir ersehen daraus, dafs man eine bekannte Last mit einer bekannten Kraft bewegen kann.

**13** Es kommt vor, dafs man bei einer Operation das gefaltete und nur in zwei Stränge gespannte Seil bald einfachen bald doppelten Zug nennt, je nach der Kraft, die wir dabei anwenden. Nehmen wir zum Beispiel dafür bei dem Punkt $\alpha$ eine Rolle an, über die ein Seil geht, und seien die beiden herabhängenden Teile des Seiles bei den Punkten $\beta$ und $\gamma$, und seien $\beta$ und $\gamma$ an irgend einer Last angebunden, nämlich der Last $\varepsilon$. Wenn wir nun diese Last in zwei Hälften teilen, werden sich die beiden Teile auf beiden Seiten das Gleichgewicht halten; diese Rolle nennt man

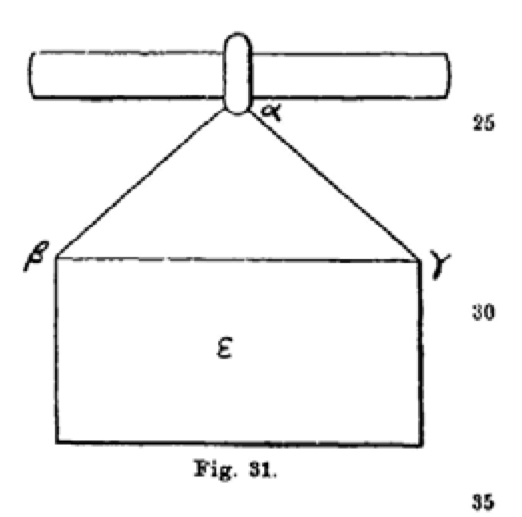


Fig. 31.

القلوس التى تحركها القوّة المحرّكة فيكون ذلك مثلنا[1]
إن كان الثقل خمسين قنطارا وكانت القوّة المحرّكة خمسة
قناطير يحتاج ان تكون القلوس الممدودة التى تحمل
الثقل عشرة امثال القلوس التى تمدّها قوّة خمسة
قناطير لتكون القلوس الممدودة التى تحمل الثقل 5
عشرة والقلس الذى عند القوّة المحرّكة واحد فان
كانت القلوس التى تحمل الثقل عشرين قلسا كانت
القلوس[2] التى عند القوة المحركة قلسين فعلى هذا تعادل
القوّة الثقل فان اردنا ان تقوى القوّة على الثقل إمّا ان
نزيد فى القوّة وإمّا ان نزيد فى القلوس التى تحمل 10
الثقل فقد بيّن برهان البكر التى تسمّى الكثيرة الرفع ومن
هنالك ظهر لنا انّه ممكن ان يحرّك الثقل المعلوم بالقوّة
المعلومة ⊙

[١٣] وقد يعرض فى عمل ما ان يسمّى القلس المثنّى
الممدود مدّتين فقط مرّة ذا[3] رفع واحد ومرّة ذا[3] رفعين 15
على قدر القوّة التى نستعملها فيه ومثال ذلك ان نفرض
بكرة على علامة آ عليها حبل وليكن جزءا الحبل الممدودان
على علامتى بٓجٓ وليكن ب ج مرتبطين بثقل ما وهو ثقل
ه فان قسمنا هذا الثقل بنصفين يكون الجزءان اللذان
فى الجهتين متعادلين وتسمّى هذه البكرة ذا رفع واحد 20

1) BC مثلاً K مثلثا L s.p. 2) LK القوى 3) Codd. ذو

einfachen Zug, weil die Kraft hierbei dem ihr gleichen Gewicht das Gleichgewicht hält.

Denken wir uns nun eine andre Last bei $\zeta$ und befestigen wir daran die Rolle $\eta$, ziehen über diese Rolle ein Seil und binden seine beiden Enden an einen festen 5 Querbalken, sodaſs die Last $\zeta$ schwebt, so hebt jeder von den beiden gespannten Teilen des Seiles das Gewicht der Hälfte der Last. Wenn nun jemand das eine bei $\varkappa$ angebundene Ende des 10 Seiles löst und selbst dort stehen bleibt und das Seil festhält, so trägt er die Hälfte der Last, und die ganze Last ist das Doppelte 15 von der Kraft, die sie festhält. Daraus erhellt, daſs von der festen Stütze am angebundenen Ende des Seiles aus eine andre Kraft, 20 die der das andre Ende des Seiles haltenden äquivalent ist, die Last ebenfalls zieht. Deshalb nennt man mit Recht diese Rolle einen doppelten Zug. Folglich kann man das gefaltete und in zwei Teile geteilte und angespannte Seil einfachen und doppelten Zug nennen. 25

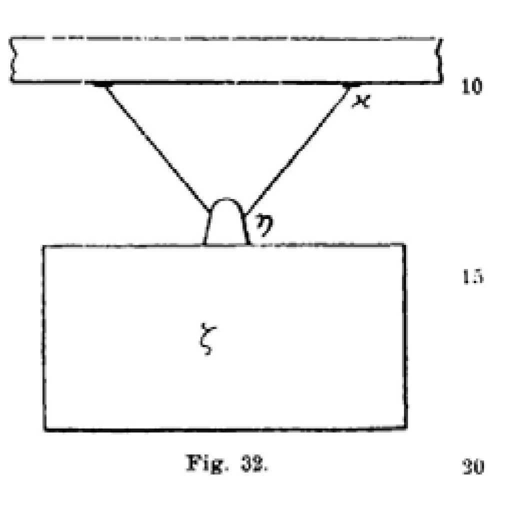


Fig. 32.

Daher ist nun klar, daſs das andre Ende des Seiles an einem festen Querbalken und nicht an der zum Heben gegebenen Last befestigt sein muſs, weil eine gewisse Kraft von jener festen Stütze aus der bewegenden Kraft das Gleichgewicht hält, und ihr beim Bewegen der Last hilft. 30 Es ergiebt sich also, daſs die Last einer ihr gleichen Kraft das Gleichgewicht hält, wenn das eine Ende des Seiles an der Last angebunden ist; wenn aber das andre Ende an einer festen Querstütze angebracht ist, so hält die Kraft einer doppelt so groſsen Last das Gleichgewicht, und die 35 Last läſst sich durch eine geringere Kraft als beim ersten Male bewegen.

لان القوّة فى هذا تكون معادلة للثقل المساوى لها ولنتوهّم
ايضا ثقلا اخر على علامة زَ ولنربط عليه بكرة وهى بكرة حَ
وندخل فى هذه البكرة قلسا ونشدّ طرفيه فى عارضة
ثابتة حتى يتعلق ثقل زَ فيكون كلّ واحد من جزئى
الحبل الممدودين يقلّ نصف الثقل فان حلّ[1] احد طرف 5
القلس المشدود على علامة كَ وقام[2] هو هناك يمسك
القلس فانّه يكون يحمل نصف ذلك الثقل فيكون جميع
الثقل ضعف القوّة التى تضبطه فيظهر من هاهنا انّ قوّة
اخرى من العارضة الثابتة فى طرف الحبل المشدود
معادلة للقوّة الماسكة للطرف الآخر تجتذب الثقل ايضا 10
فلذلك باستحقاق سمّيت هذه البكرة ذا رفعين فاذًا
القلس المثنى المقسوم بقسمين ممدودين قد[3] يمكن
ان يسمّى ذا رفع واحد وذا رفعين ومن هاهنا ظهر لنا انّه
ينبغى ان يكون طرف القلس الآخر مرتبطا فى عارضة ثابتة لا
فى الثقل الموضوع للرفع لأنّ قوّة ما من ذلك الركن 15
الثابت تعادل القوّة المحرّكة وتعينها على حركة الثقل فقد
ظهر[4] انّه اذا كان طرف القلس الواحد مرتبطا فى الحمل فان
الحمل يعادل قوة مساوية له واذا كان طرفه الاخر مرتبطا فى
عارضة ثابتة فانّ القوّة تعادل ضعفها من الثقل * فيتحرّك
الثقل[5] بقوّة اقلّ من القوّة التى كانت تحرّكه اوّلا ⊙ 20

---

1) B رجل 2) Codd. قام 3) Codd. وقد 4) B يظهر 5) B om.

14 Was nun den Keil anlangt, so bewegt ihn der Schlag in einer gewissen Zeit, weil es keine Bewegung ohne Zeit giebt; dieser Schlag wirkt nur durch die Berührung, die nicht am Keile, auch nicht die geringste Zeit haftet. Hieraus ist also zu ersehen, dafs der Keil sich bewegt, nach- 5 dem der Schlag aufhört. Wir erkennen dies auch auf andre Weise. Eine gewisse Zeit nach dem Schlage kommen von dem Keil Geräusche und Berstungen von dem Bersten an seiner Spitze. Dafs aber der Schlag, auch wenn er nicht, selbst nicht die geringste Zeit, auf dem Keile fest- 10 sitzt, bei ihm wirkt, ersieht man an Steinen, mit denen man wirft oder an Pfeilen, mögen sie nun mit der Hand allein oder durch sonst ein Werkzeug geschleudert werden. Denn wenn der Stein die Hand verlassen hat, sieht man ihn mit Macht nach einem Orte fliegen, ohne dafs die 15 Hand ihn noch weiter stöfst. Daraus ersehen wir, dafs der Schlag auch nicht die geringste Zeit auf dem Keile verweilt, dafs der Keil aber nach dem Schlage sich zu bewegen beginnt.

15 Ich behaupte nun, dafs jeder Schlag, auch wenn er 20 nur leicht ist, jeden Keil bewegt. Nehmen wir irgend

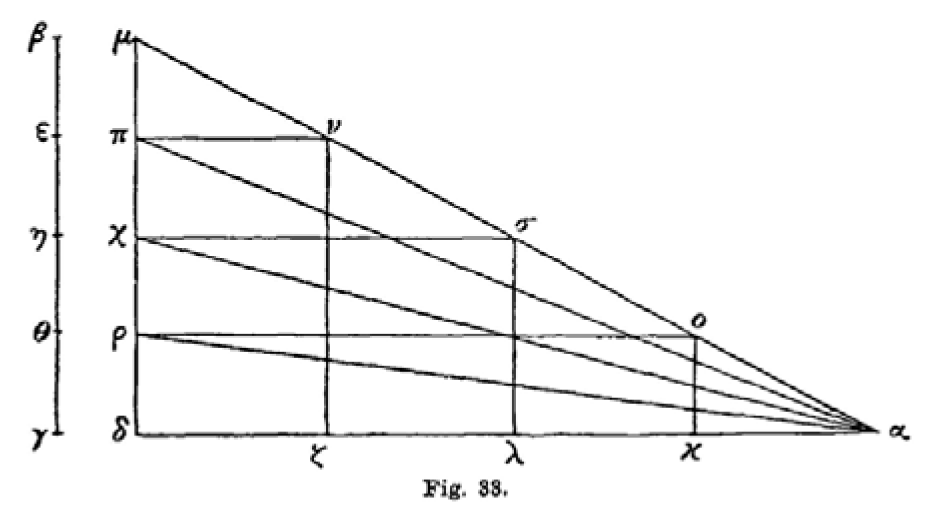


Fig. 33.

einen Keil an, dessen Winkel bei $\alpha$ ist, und sein Kopf sei die Linie $\delta\mu$. Der Schlag $\beta\gamma$ bewege ihn, und seine

[١٤] امّا الاسفين فان الضربة تحرّكه فى زمان ما لانّه لا تكون حركة بلا زمان وهذه الضربة انّما تفعل بالمماسّة فقط التى لا تثبت على الاسفين ولا اقلّ زمان فيظهر لنا من هاهنا أنّه[1] بعد ان تفارق الضربة الاسفين يتحرّك وقد نعلم ذلك ايضا من جهة اخرى إنّه بعد الضربة بزمان ما تكون 5 من الاسفين وحبات وقلع من قلعة على حدّته فامّا ان تكون الضربة وان كانت لا تقيم على الاسفين ولا اقلّ زمان تفعل فيه فان ذلك ظاهر لنا من الحجارة التى يرمى بها والسهام كان رميها من يد فقط او من آلة اخرى لانّه بعد ان يفارق الحجر اليد نراه ينفذ الى موضع بعيد بقوّة بلا 10 ان تكون اليد تدفعه فمن هاهنا يظهر لنا أنّ الضربة لا تقيم على الاسفين ولا اقلّ زمان ولكنّ الاسفين بعد الضربة يأخذ بحركة ⊙

[١٥] فاقول انّ كل ضربة وان كانت يسيرة فانها تحرك كل اسفين فلنفرض اسفينا ما يكون زاويته على علامة 15 آ ويكون راسه خطّ دم ولتكن تحركه ضربة بج وليكن بعده اد وليكن يمكن ان يحرّك بضربة يسيرة ولنفصل من ضربة بج ضربة تكون ضربة به[2] وهى اقلّ من جميع الضربات المعلومة فاقول إنّ ضربة به هى فى ذات نفسها تدفع جزءا ما من الاسفين برهان ذلك من اجل ان 20

1) Codd. ان    2) K add. وهى ا

Entfernung (von der ursprünglichen Stelle) sei $\alpha\delta$. Es sei nun möglich ihn mit einem geringen Schlage zu bewegen. Nehmen wir von dem Schlag $\beta\gamma$ einen Schlag, etwa $\beta\varepsilon$, der der kleinste von allen bekannten Schlägen ist, so behaupte ich, daſs der Schlag $\beta\varepsilon$ für sich allein einen Teil des Keils bewegt.

Beweis: Da der Schlag $\beta\gamma$ die Bewegung der Entfernung $\alpha\delta$ hervorbringt, so bewirkt $\varepsilon\gamma$ eine kleinere Bewegung als die Entfernung $\alpha\delta$; es bewirke die Entfernung $\alpha\zeta$. Wird ferner der Schlag $\beta\varepsilon$ hinzugefügt, und wird die Entfernung $\alpha\delta$ durch den Schlag $\beta\gamma$ bewirkt, so bewirkt der Schlag $\beta\varepsilon$ für sich allein die Entfernung $\delta\zeta$. Denken wir uns nun den Schlag $\beta\gamma$ in $\beta\varepsilon$ gleiche Schläge geteilt, nämlich in $\beta\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\vartheta$, $\vartheta\gamma$, so wird die Entfernung $\alpha\delta$ in $\delta\zeta$ gleiche Teile geteilt, nämlich $\alpha\varkappa$, $\varkappa\lambda$, $\lambda\zeta$, $\zeta\delta$, und so bewirkt jeder der Schläge $\beta\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\vartheta$, $\vartheta\gamma$, je eine von den Entfernungen $\delta\zeta$, $\zeta\lambda$, $\lambda\varkappa$, $\varkappa\alpha$. Denken wir uns nun zum Kopf des Keiles, zur Linie $\delta\mu$ parallele Linien, nämlich $\zeta\nu$, $\lambda\sigma$, $\varkappa o$; ebenso zur Linie $\alpha\delta$ parallele, näm- $\pi\nu$, $\chi\sigma$, $\varrho o$, so werden die Linien $\delta\varrho$, $\varrho\chi$, $\chi\pi$, $\pi\mu$ einander gleich sein. Verbinden wir nun die Punkte $\pi$, $\chi$, $\varrho$ mit dem Punkte $\alpha$, so entstehen vier Keile, deren Spitzen bei dem Punkte $\alpha$ und deren Köpfe die Linien $\mu\pi$, $\pi\chi$, $\chi\varrho$ und $\varrho\delta$ sind. Jeder von ihnen wird durch einen dem Schlage $\beta\varepsilon$ gleichen Schlag um eine der Linie $\alpha\delta$ gleiche Entfernung bewegt, und es ist also gleich, ob man sagt, der Schlag $\beta\varepsilon$ läſst den ganzen Keil um die Entfernung $\delta\zeta = \varkappa\alpha$ eindringen, oder der Schlag $\beta\varepsilon$ läſst den Keil, dessen Kopf die Linie $\varrho\delta$ ist, um die Linie $\alpha\delta$ eindringen, weil sich bei Eindringen des ganzen Keils die Linie $o\varkappa$ um $\alpha\varkappa$ verschiebt, und bei Eindringen des Keils, dessen

1) Codd. به  2) Codd. دز  3) K يكون عند زاوية ا  4) CL مثلثات  5) K om. يكون — ا , B pro تحصل — ا hbt.: تكون عند زاوية اربع اسفينات  6) B فى  7) B om.

ضربة بج تحرك بعد اد فان هج تحرك بعدا اقلّ من اد
فلتتحرك بعد از وايضا اذا زيدت ضربة به فان كان بعد
اد يتحرك بضربة بج فاذًا ضربة به فى ذات نفسها تتحرك
بعد دز فان توهّمنا ضربة بج مقسومة بضربات مساوية
لبه([1] وهى به هح حط طج فان بعد اد ينقسم باقسام 5
مساوية لدز([2] وهى اك كل لز زد فتكون كل واحدة من
ضربات به هح حط طج تتحرك كل واحد من ابعاد
دز زل لك كا فلنتوهم خطوطا موازية لخطّ دم الذى
هو راس الاسفين وهى خطوط زن لس كع وخطوطا ايضا
موازية لخطّ اد وهى خطوط فن قس رع فتكون 10
خطوط در رق قف فم متساوية فان وصلنا علامات
ف ق ر بعلامة آ* تحصل([3] اربعة إسفينات([4] تكون زواياها
عند علامة آ([5] وتكون روٴسها خطوط مف فق قر رد
ويكون كل واحد منها يتحرك بضربة مساوية لضربة به
بعدا مساويا لخط اد فسواء ان يقال إنّ ضربة به تنفذ 15
من([6] الاسفين كلّه بعد* دز اعنى بعد كا وان ضربة به
تنفذ الاسفين الذى رأسه رد ببعد([7] اد لان بحركة كل
الاسفين يتحرك خط كع ببعد اك وبحركة الاسفين الذى
راسه در* يتحرك البعد المساوى لخط كع وهو بعد رد
ببعد اد فاذًا رد يتحرك بضربة به بعد اد ومن هاهنا 20
ظهر لنا أن قدر ضربة به من بج هو قدر الاسفين الذى

Kopf $\delta\varrho$ ist, eine der Linie $\varkappa o$ gleiche Entfernung zurückgelegt wird, nämlich der Abstand $\delta\varrho$ um die Entfernung $\alpha\delta$; folglich bewegt sich $\varrho\delta$ durch den Schlag $\beta\varepsilon$ um $\alpha\delta$.

Hieraus erhellt, dafs der Betrag des Schlages $\beta\varepsilon$ von $\beta\gamma$ dem Keile entspricht, dessen Kopf $\delta\varrho$ ist, von dem 5 ganzen Keil. Ebenso verhält es sich mit der Zeit, innerhalb welcher der Keil, dessen Kopf $\delta\varrho$ ist, sich bewegt, und mit dem Betrag der Entfernung, die der ganze Keil durch den Schlag $\beta\gamma$ zurücklegt, und dies Verhältnis ist dasselbe, wie das des Schlages $\beta\varepsilon$ zum ganzen Schlage. 10

Auch unter einem andern Gesichtspunkt finden wir keinen Unterschied zwischen der Bewegung des Schlages $\beta\gamma$ auf $\delta\mu$, d. i. auf den ganzen Keil, und zwischen der Bewegung jedes einzelnen der Schläge $\beta\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\vartheta$, $\vartheta\gamma$, auf jeden einzelnen von den Keilen, deren Köpfe $\mu\pi$, $\pi\chi$, $\chi\varrho$, 15 $\varrho\delta$ sind, weil die Teilschläge dem ganzen Schlage gleichkommen. Also treibt der Schlag $\beta\varepsilon$ den Keil mit dem Kopfe $\mu\pi$ soweit ein, als der ganze Schlag den ganzen Keil eintreibt, und jeder einzelne von den übrigen Schlägen jeden einzelnen der übrigen Keile. 20

Wenn der einzutreibende Keil einer der kleinen Keile ist und durch einen heftigen Schlag eingetrieben wird, so wird er um soviel eingetrieben, als der ganze Keil durch die Gesamtheit der Schläge. Dies tritt ein durch den entsprechenden Betrag an Schlägen, nämlich durch 25 den Betrag der Schläge $\beta\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\vartheta$, $\vartheta\gamma$; demgemäfs ist das Verhältnis der Zeit zur Zeit, wie das des Schlages zum Schlage, und das des ganzen Keilkopfes zum Kopfe des einzelnen kleinen Keils. Je kleiner nun der Winkel des Keiles wird, desto geringer kann auch die Kraft sein 30 im Verhältnis zu der Kraft, die den ganzen Keil eintreibt.

**16** Es bleibt hiernach noch übrig die wirkende Ursache bei der Schraube darzulegen. Beginnen wir zunächst damit, das auseinanderzusetzen, was sich bei Schraubenwindungen zeigt. 35

---

1) B om.

راسه رد من جميع الاسفين وكذلك ايضا قدر الزمان الذى يتحرك فيه الاسفين الذى راسه خط رد وقدر حركة البعد الذى يحرّكه الاسفين كله بضربة بج ونسبة ذلك ايضا كنسبة ضربة به الى الضربة كلها وعلى وجه آخر ايضا لا نصيب اختلافا يبن حركة ضربة بج رأس دم اعنى 5
الاسفين كلّه ويبن حركة كل واحدة من ضربات به هح حط طج كل واحد من الاسفينات التى روسها مف فق قر رد لان الضربات الجزئيّة تساوى الضربة الكلّيّة فضربة به تنفذ من الاسفين الذى راسه مف بقدر ما ينفذه كل الضربة من كل الاسفين وكل ضربة من الضربات الباقية 10
كل واحد من الاسافين الباقية فان كان المدفوع اسفينا واحدا من الأسافين الصغار اذا ضرب ضربا كثيرا ودفع فانّه يدفع القدر الذى يدفعه كل الاسفين بكلية الضربة الواحدة وذلك بحركة هذا القدر من الضربات اعنى بقدر ضربات به هح حط طج وعلى هذا تكون نسبة الزمان 15
الى الزمان كنسبة الضربة* الى الضربة(1 وراس الاسفين كله الى راس احد الاسافين الصغار فبالقدر الذى به تكون زاوية الاسفين اصغر بذلك القدر ينفذ الاسفين بقوة اصغر من القوّة التى تنفذ الاسفين كله ⊙

[١٦] وقد بقى بعد هذا ان نشرح السبب فى اللولب 20
فلنبدأ اولّا بوضع ما يعرض للدوائر اللولبية فنقول إنّا اذا

Wir sagen also: Wenn wir eine Schraube konstruieren wollen, so nehmen wir ein starkes hartes Holz von der unseren Absichten entsprechenden Länge; der Teil, den wir zur Schraube machen wollen, sei gedrechselt und seine Dichte sei gleichmäſsig in allen Teilen, sodaſs seine Oberfläche 5 ein Cylinder ist, und ziehen wir auf seiner Oberfläche eine Seite des Cylinders. Teilen wir nun diese Seite in gleiche Teile, entsprechend der Höhe des Schraubenganges, und nehmen wir in einer Ebene zwei gerade Linien an, deren eine senkrecht auf der anderen steht, machen die eine 10 derselben gleich dem Umfang des Cylinders, die andre gemäſs der Höhe des Schraubenganges, verbinden die beiden Endpunkte der beiden Linien durch eine dem rechten Winkel gegenüberliegende Linie und machen aus dünnem Messing ein diesem Dreieck gleiches (kongruentes) Dreieck, von 15 solcher Dünnheit, daſs wir es biegen können, wie wir wollen. Nachdem dies gethan, legen wir die Seite, welche der Höhe des Schraubenganges gleich ist, auf den ersten der gleichen Abstände, die wir auf der Seite des Cylinders abgeteilt haben, dann winden wir das dünne messingene 20 Dreieck um das cylindrische Holz und lassen den übrigen spitzen Winkel des Dreiecks nach dem rechten Winkel der messingenen Figur gelangen, weil die Grundlinie des Dreiecks gleich dem Umfang des Cylinders ist. Dann heften wir die beiden Winkel zusammen, und ziehen die 25 Schraubenwindung gemäſs der dem rechten Winkel gegenüberliegenden Linie. Darauf drehen wir das Dreieck nach dem zweiten Abstand und legen die Höhe des dünnen Dreiecks auf den zweiten Abstand. Im gleichen Verfahren wie zuerst ziehen wir auch die zweite Schraubenwindung 30 in unmittelbarem Zusammenhang mit der ersten. Ebenso verfahren wir, bis wir alle Abstände des cylindrischen Holzes gezeichnet haben. Weil wir aber beim Gebrauch der Schraube nötig hatten, in die erste Vertiefung der Schrauben-

---

1) LCK om. 2) B om. 3) B نلصق 4) B om.

اردنا ان نرسم لولبا ناخذ عودا صلبا قويّا يكون طوله على
القدر الذى نريد وليكن ما نريد ان نلولبه منه مخروطا
وليكن غلظه متساوى الاجزاء ليكون بسيطه اسطوانة*
ونرسم على بسيطها ضلع اسطوانة([1] ونقسم هذا الضلع باجزاء
متساوية تكون على قدر عرض الدائرة اللولبية ونفرض على 5
سطح خطّين مستقيمين احدهما قائم على الآخر ولنصير احد
الخطّين* مساويا لمحيط الاسطوانة والاخر على قدر عرض
موضع الدائرة اللولبية ولنصل طرفى الخطّين([2] بخطّ
يوتّر الزاوية القائمة ونعمل مثلّثا من صفر رقيق مساويا
لهذا المثلّث وليكن فى رقّته على القدر الذى يمكنّا 10
تعويجه كيف اردنا فاذا فعلنا ذلك ركّبنا الضلع المساوى
لعرض موضع الدائرة اللولبية على اوّل الابعاد المتساوية
التى قسمناها من ضلع الاسطوانة ثمّ نلفّ المثلّث الصفر
الرقيق على الخشبة الاسطوانية فنصيّر الزاوية الحادّة
الباقية من المثلّث الى الزاوية القائمة من الشكل الصفر 15
لان قاعدة المثلث مساوية لمحيط الاسطوانة ثم نلزق([3]
كلتى الزاويتين ونرسم الدائرة اللولبية على وتر الزاوية
القائمة([4] ثم ندير المثلّث الى البعد الثانى ونركب ضلع
المثلّث الرقيق على القسم الثانى وبمثل ذلك العمل الاول
ايضا نرسم الدائرة اللولبيّة الثانية ملاصقة للدائرة الاولى 20
وكذلك نفعل حتّى نرسم جميع ابعاد الخشبة الاسطوانية

windung das Tylos genannte Holz zu legen, und es dasjenige ist, welches die Last hebt, so hebt sich dieses Holz beim Umdrehen der Schraube, und mit ihm hebt sich die Last.

**17** Wir müssen uns aber die Schraube nur als gewundenen Keil vorstellen, weil das Dreieck, welches die Schraubenwindung bestimmt, die Gestalt des Keiles hat; der Kopf desselben ist die Seite, welche die Höhe der Schraubenwindung darstellt, und der spitze Winkel des Keiles ist der übrige Winkel des Dreiecks, bei welchem sich das Tylos genannte Holz befindet. Deshalb ist die Schraube ein gewundener, aufgerollter Keil, der nicht durch Schlagen wirkt, sondern durch seine Drehung. Das Umdrehen vertritt bei ihm die Stelle des Schlagens beim Keile, sodaſs er die Last hebt. Indem er die Last hebt, wirkt er gegensätzlich zur Wirkung des Keils, weil der Keil nur wirkt, indem er ins Innere eindringt, und so die Last bewegt, während die Last an ihrer Stelle bleibt; die Schraube aber ist ein gewundener Keil, der die Last zu sich hebt, indem er an seiner Stelle verweilt.

Wie es bei dem Keile bewiesen wurde, daſs derjenige mit kleinerem Winkel die Last mittels einer geringeren Kraft bewegt, als diejenige ist, die die Last mittels eines Keiles mit gröſserem Winkel bewegt, ebenso müssen wir bei derjenigen Schraube, bei welcher die Abstände zwischen den Schraubenwindungen kleiner sind, sagen, daſs sie die Last leichter bewegt, als die Schraube, deren Abstände zwischen den Windungen gröſser sind, weil der geringere Abstand einen kleineren Winkel bewirkt. Daher bewegt die Schraube, deren Windungen steiler sind, die Last mittels einer gröſseren Kraft, während die flache Schraube die Last mittels einer kleineren Kraft bewegt.

---

1) Codd. أن 2) Codd. وأن 3) LCK om. 4) K om. 5) LCK om. 6) Codd. ثابت 7) Codd. نقل 8) LK om. 9) LK om.

ومن اجل انّا[1] عند استعمالنا اللولب احتجنا ان نضع في الحفر الاوّل الذي للدائرة اللولبية الخشبة التي تسمّى طولس وهي التي تقلّ الثقل فانّه[2] عند تدوير اللولب يرتفع هذا العود ويرتفع بارتفاعه الثقل ⊙

[١٧] فينبغي ان لا نتوهّم اللولب الّا اسفينا ملتفّا 5 لان المثلّث الذي يرسم الدائرة اللولبية هو في هيئة الاسفين ورأسه هو الضلع الذي هو بعد الدائرة اللولبية وزاوية الاسفين الحادّة هي زاوية المثلّث الباقية التي يكون عندها العود المسمّى طولس فلهذا صار اللولب اسفينا ملتويا ملتفّا يفعل بلا[3] ضربة لكن باستدارته وتدويره 10 يقوم فيه[4] مقام الضرب* في الاسفين[5] فيقلّ الثقل واقلاله الحمل هو بضدّ الفعل الذي يفعله الاسفين لانّ الاسفين انّما يفعل بنفوذه الى داخل فهو يحرك الثقل والثقل ثابت في مكانه وامّا اللولب فانّه اسفين ملتو وهو ثابتا[6] في مكانه يقل[7] الثقل اليه وكما انّه قد تبيّن في الاسفين أن 15 الذي تكون زاويته اصغر يحرك الثقل بقوّة اقلّ من القوّة التي تحرّك الثقل بالاسفين الذي زاويته اعظم كذلك يلزم ان نقول في هذا إنّ[8] اللولب الذي الابعاد التي بين دوائره اللولبية اقل فانّ[9] حركته للثقل اكثر سهولة من حركة اللولب الذي تكون الابعاد التي بين دوائره 20 اللولبيّة اكثر لانّ قلّة البعد تصيّر الزوايا اصغر فيكون اللولب

18 Wenn nun ein Rad mit Zähnen in die Grube einer Schraube eingreift, so bewegt die Schraube bei einer Umdrehung, die sie macht, einen Zahn des Rades weiter. Dies zeigen wir jetzt auf folgende Weise.

Denken wir uns eine Schraube, es sei die Schraube $\alpha\beta$, und seien ihre Schraubengänge $\alpha\vartheta$, $\delta\varepsilon$, $\zeta\gamma$, und sei jede einzelne dieser Windungen 'einfach. Denken wir uns

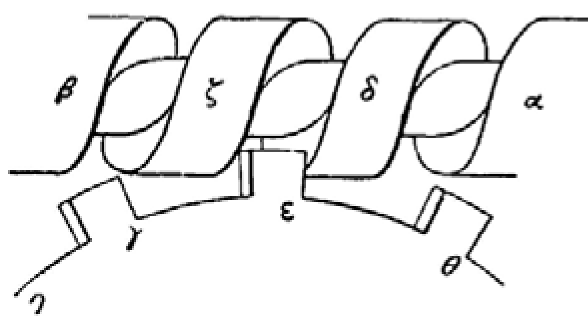



Fig. 34.

nun ein Rad mit Zähnen daran gelegt, nämlich $\eta\gamma\varepsilon\vartheta$, und seien seine Zähne $\eta\gamma$, $\gamma\varepsilon$, $\varepsilon\vartheta$ zum Eingreifen in die Schraubengänge passend. Es greife der Zahn $\gamma\varepsilon$ in einen Schraubengang vollständig ein, so werden die übrigen Zähne nicht in die anderen Schraubengänge eingreifen. Wenn wir nun die Schraube drehen, bis der Punkt $\varepsilon$ nach der Lage von $\gamma$ gebracht wird, so fällt $\varepsilon$ auf $\gamma$. Wenn also die Schraube eine Umdrehung macht, und der Zahn $\gamma\varepsilon$ an die Stelle des Zahnes $\gamma\eta$, der Zahn $\varepsilon\vartheta$ an die Stelle des Zahnes $\gamma\varepsilon$ kommt, und der Zahn $\varepsilon\vartheta$ nun die Stelle von $\gamma\varepsilon$ einnimmt, so verschiebt sich bei einer Umdrehung, die die Schraube macht, der ganze Raum des Zahnes. Ebenso müssen wir uns den Vorgang bei den übrigen Zähnen denken. Soviel Zähne also an dem Rade sind, so viele Umdrehungen macht die Schraube, bis das Rad eine Umdrehung gemacht hat.

19 Wenn sich die Schraube dreht, so bewegt sie das Tylos genannte Holz, nach dem Frühergesagten, und hebt

1) Codd. فان 2) K add. ثمّ 3) K add. علامة 4) BCL om.

الذى دوائره اكثر انتصابا يحرك الثقل بقوّة اعظم والذى
يكون اكثر انخفاضا يحرك الثقل بقوّة اقلّ ⊙

[١٨] فامّا انّه اذا كانت فلكة ذات اوتاد مركّبة فى
حفر اللولب فانه([1] بدورة] واحدة يدورها اللولب: يحرك
من الفلكة وتدا واحدا فانّا نبيّن ذلك بهذه الجهة ⊙([2]
نتوهّم لولبا يكون لولب اب ولتكن الدوائر اللولبية التى
فيه اج ده زح ولتكن هذه الدوائر اللولبية كلّ واحدة
منها دائرة واحدة ولنفرض فلكة موضوعة ذات اوتاد تكون
حجهط ولتكن اوتادها حج جه هط ولتكن مركّبة فى الدوائر
اللولبية وليكن وتد جه مركّبا فى دائرة لولبية تركيبا
مستقصا فتكون الاوتاد الاخر غير مركّبة فى الدوائر اللولبية
الأخر فان ادرنا اللولب حتّى تندفع علامة ه الى ما يلى([3]
ج تصيّر ه عند ج فاذا دار اللولب دورة واحدة وصار وتد
جه فى موضع وتد حج ووتد هط فى موضع وتد جه([4]
ووتد هط ايضا فى موضع وتد جه فانه([1] فى دورة واحدة
يدورها اللولب يدور البعد الذى للوتد كلّه وكذلك
ينبغى ان نتوهّم فى الاوتاد الاخر فيكون على قدر ما فى
الفلكة من الاوتاد بذلك القدر يدور اللولب من الدورات
الى ان تدور الفلكة دورة واحدة ⊙

[١٩] فاللولب اذا دار يحرّك الخشبة التى تسمّى
طولس على ما تقدم فى قولنا ويشيل الثقل على استقامة

die Last in gerader Richtung. Dieser Tylos mufs, wenn sich die Schraube nicht bewegt, ruhig und fest an seiner Stelle bleiben durch irgend eine an ihm wirkende Kraft, damit nicht die Last, wenn die Schraube sich zu drehen aufhört, das Übergewicht darüber erlangt, d. h. wenn dieses Holz in die Schraubengrube eingreift, und wie eine Stütze für dieselbe ist, darf es nicht aus der Schraubengrube herausgleiten, weil, wenn es herausgleitet, die ganze Last sich nach der Stelle senkt, von woher sie gehoben wurde. Dieses Holz gleitet nicht aus der Schraubengrube heraus, wenn das Ende desselben genau in die Grube pafst, und die Grube einem Stiefel für es ähnlich ist. Daher müssen wir die Schraubengänge nahe an einander legen, damit sie nahezu parallel der Grundfläche des Cylinders werden, auf welchem die Schraube konstruiert ist. Wenn die Windungen so angelegt sind, so sind sie einem Stiefel für das Holz, welches die Last hebt, ähnlich. Wenn aber die Schraubengänge in den Schraubengruben sehr steil sind, so dafs sie fast der Seite des Cylinders parallel sind, so hält das Tylos genannte Holz, wenn man an ihm eine schwere Last aufhängt, oder eine grofse Kraft es drückt, die Drehung der Schraube auf, und bewirkt eine der ersten entgegengesetzten Drehung. Hieraus erhellt, dafs die Schraube sowohl das Tylos genannte Holz in Bewegung setzen, als auch durch dieses Holz in Bewegung gesetzt werden kann; sie wird das Holz bewegen, wenn die Schraubengrube aus einander nahe gelegenen Windungen besteht; wenn die Schraube aufhört sich zu drehen, bleibt dasselbe an seinem Platze stehen, und die Last bleibt an demselben hängen. Wenn dagegen die Schraubengruben sehr steil sind, und der Tylos beim Aufhören der Schraubendrehung nicht feststeht, so ist es dieses Holz, welches die Schraube bewegt, weil, wenn an dem nicht mit einer Grube versehenen Ort der Schraube ein Seil befestigt

---

1) LC om. 2) LK om. 3) B om. 4) LCK om. 5) B om. 6) Codd. ثبت

وقد يجب ان يكون هذا الطونس اذا لم يتحرّك اللولب
هاديا ثابتا فى موضعه بقوّة ما تكون له ولا يكون عند
هدوء اللولب من التدوير يقوى الثقل عليه اعنى ان يكون
اذا ركّب هذا العود فى الحفر اللولبىّ وكان شبيها بالسند
له ان لا يزلق من الحفر اللولبى لانّه ان زلق انحطّ 5
جميع الثقل الى الموضع الذى منه شيل وهذا العود لا
يزلق من الحفر اللولبىّ اذا كان طرف العود مهندما على
الحفر وكان الحفر[1] شبيها بالمسماة له[2] فلذلك نحتاج
ان نصيّر دوائر اللولب متقاربة لتكون شبيهة بالموازية
لقاعدة الاسطوانة التى اللولب مرسوم عليها فانّ الدوائر10
اذا كانت على هذا كانت شبيهة بالمسماة للعود الذى
يقلّ الثقل فامّا إن كانت الدوائر اللولبيّة التى فى الحفر
اللولبىّ شديدة الانتصاب حتّى تكون شبيهة بالموازية
لضلع الاسطوانة فانّ العود الذى يقال له طولس اذا
تعلّق عليه حمل ثقيل او أثقلته قوّة عظيمة فانّه يردّ* 15
تدوير اللولب ويصيّره يدور[3] تدويرا ضدّ ذلك التدوير[4]
الاوّل فمن هاهنا* يظهر لنا ان اللولب قد يمكنه ان يحرك
العود الذى يقال له طولس وقد يمكنه ان يتحرّك بهذا
العود ايضا فهو يحرّك العود اذا كان[5] حفره اللولبىّ
متقارب الدوائر واذا كان عند بطلان تدوير اللولب يثبت[6] 20
فى مكانه ويبقى الحمل معلّقا عليه وامّا اذا كان الحفر

und am Ende dieses Seiles ein Gewicht angebunden wird, und die Schraubengrube sehr steil ist, wir auch das Gewicht heben, wenn wir das Tylos genannte Holz heben; wenn wir aber aufhören das Holz zu heben, das Gewicht ruht und hängen bleibt; denn dieses Holz stellt sich der Schraubengrube entgegen, wenn diese Grube der Seite des Cylinders nahezu parallel ist. Wenn nun auf dem Cylinder keine Schraubengrube, sondern entlang einer Seite des Cylinders ein Kanal angebracht ist, so ist dieses Tylos genannte Holz ein ganz besonderer Widerstand für diesen Kanal. Sind aber die Schraubengänge sehr nahe an einander, und wir heben das Tylos genannte Holz, so werden wir das Gewicht nicht heben, wenn nicht eine groſse Kraft den Tylos sich heben macht. Wenn nun die Last an dem Tylos hängt, und wir die Schraube drehen, während die Schraubenwindungen einander sehr nahe sind, so hebt sich die Last, und wenn wir aufhören die Schraube zu drehen, so ruht die Last und bleibt in der Schwebe. Sind aber die Schraubengänge steil, so bewegen wir die Last nicht, auſser wenn wir eine groſse Kraft haben, die die Schraube bezwingt. Hiermit haben wir über die Natur der Schraube und ihren Gebrauch genügend gesprochen.

**20** Daſs die fünf Potenzen, die eine Last bewegen, den Kreisen um einen Mittelpunkt ähnlich sind, ist durch die Figuren, die wir im Vorhergehenden entworfen haben, bewiesen; mir aber scheint, daſs sie der Wage mehr ähnlich sehen als den Kreisen, weil im Vorhergehenden die Grundlagen des Beweises für die Kreise sich uns gerade durch die Wage ergaben. Denn es wurde bewiesen, daſs die auf der kleineren Seite aufgehängte Last sich zu der auf der gröſseren Seite aufgehängten verhält, wie der gröſsere Arm der Wage zum kleineren.

---

1) BCL om. غير K الغير محفور 2) B متعطّلا
3) B om.

اللولبيّ شديد الانتصاب وكان عند بطلان تدوير اللولب
لا يثبت فانّ العود يكون الذى يحرّك اللولب لانّه إذا كان
فى الموضع غير المحفور[1] من اللولب حبل ما مشدودا
وشدّ فى طرف ذلك الحبل ثقل ما وكان الحفر اللولبيّ
شديد الانتصاب فانّا اذا رفعنا العود الذى يقال له 5
طولس نرفع ايضا الثقل فاذا بطلنا من رفع العود يسكن
الثقل ويكون متعلقا[2] لانّ هذا العود قد يضاد حفر اللولب
اذا كان حفره شبيها بالموازى لضلع الاسطوانة فإن لم يكن
على الاسطوانة* حفر لولبيّ وكان عليها حفر ميرابيّ على
احد اضلاع الاسطوانة[3] فانّ العود الذى يقال له طولس 10
يكون شديد المضادة لهذا الحفر الميرابيّ واذا كانت
الدوائر اللولبية متقاربة ورفعنا الخشبة التى يقال لها
طولس فانّا لا نحرّك الثقل إلّا ان تكون قوّة عظيمة تقلّ
الطولس فامّا اذا كان الثقل معلّقا فى الطولس فانّه
اذا كانت الدوائر اللولبية متقاربة وادرنا اللولب يرتفع 15
الثقل واذا بطلنا من تدوير اللولب يسكن الثقل ويبقى
متعلّقا واذا كانت الدوائر اللولبية منتصبة فانّا لا نحرّك
الثقل إلّا ان تكون قوّة عظيمة تقهر اللولب فقد قلنا فى
طبيعة اللولب وعمله ما يكتفى به ⊙

[٢٠] امّا ان تكون الخمس القوى التى تحرّك 20
الثقل مشاكلة للدوائر التى على مركز واحد فقد تبين

Für all diese fünf Potenzen erhebt sich in der Praxis ein Hindernis, wenn wir durch sie mittels einer kleinen Kraft grofse Lasten bewegen wollen. Die drei ersten erfordern, dafs wir ihre Gröfse nach der Gröfse der Last, die wir bewegen wollen, steigern, nämlich das Rad auf 5 der Welle, der Hebel und der Flaschenzug; die beiden übrigen, nämlich diejenigen, die durch den Keil und die Schraube entstehen, erfordern, dafs wir ihre Gröfse in demselben Verhältnisse verringern. Wollen wir z. B. eine Last von tausend Talenten durch eine Kraft, die fünf 10 Talenten entspricht, bewegen, und uns für diese Bewegung des Rades auf der Welle bedienen, so mufs die vom Mittelpunkt des Rades nach seiner Peripherie gehende Linie zweihundert mal so grofs und noch etwas gröfser sein als die vom Mittelpunkt der Welle nach ihrer 15 Peripherie gehende. Wenn wir uns aber hierbei des Hebels bedienen, so mufs der gröfsere Arm desselben, welcher nach der die Last bewegenden Kraft geht, nach diesem Verhältnisse oder noch etwas gröfser sein. Ein Verfahren mit Werkzeugen dieser Art ist schwer oder nahezu un- 20 möglich; denn wenn wir den Durchmesser der Welle eine halbe Elle grofs machen, damit er stark genug ist um die Last daran aufzuhängen, so müssen wir den Durchmesser des Rades hundert Ellen oder etwas gröfser machen. Dies zu machen ist aber schwierig. Ebenso 25 gilt es für den Hebel und den Flaschenzug, weil wir die Teilung des Hebels nicht so einrichten können, und die Anzahl der Rollen nicht nach diesem Betrag einrichten. Überlegen wir nun, wie den Hindernissen, die bei diesen drei Maschinen eintreten, abzuhelfen ist. 30

**21** Wir behaupten nun, dafs der Kreis von allen Figuren die gröfste und leichteste Beweglichkeit besitzt, mag sich

---

1) BCL وانّه 2) BCL om. 3) K عظيمة 4) Codd. ثلاثة 5) K الاثنان 6) LC om. 7) BC add. أنّ 8) KL om.

ذلك فيما تقدّم من الاشكال التى رسمناها وأنا أُرى انّها
الى مشاكلة الميزان اقرب منها الى مشاكلة الدوائر لما تقدم
من ان اوائل برهان الدوائر انّما خرج لنا بالميزان فانّه[1]
قد[2] تبيّن ان نسبة الثقل المتعلق فى الجهة الصغرى الى
المعلق فى الجهة الكبرى كنسبة الاعظم من جزئَى 5
الميزان الى الاصغر ⊙ وهذه الخمس القوى كلّها قد
يلحقها امتناع ما من الفعل اذا اردنا ان نحرّك بها اثقالا
عظاما[3] بقوة يسيرة امّا الثلاث[4] الاولى فانه يعرض لها ان
نزيد فى عظمها على قدر زيادة الثقل الذى نريد ان
نرفعه اعنى الفلكة التى على المحور والمخل والآلة التى 10
تسمّى كثيرة الرفع فامّا الاثنتان[5] الباقيتان اعنى التى
تكون* بالاسفين والتى تكون[6] باللولب فانّه يعرض لها
ان ننقص من عظمها على ذلك القدر ومثال ذلك إن[7]
اردنا ان نحرّك ثقلا يكون الف قنطار بقوة تعادل خمسة
قناطير واستعملنا هذه الحركة بالمحور الذى عليه فلكة 15
يحتاج ان يكون الخطّ الخارج من مركز الفلكة الى محيطها
مائتى مرّة مثل الخط[8] الخارج من مركز المحور الى
محيطه واكثر من ذلك قليلا فان استعملنا ذلك فى المخل
احتجنا ان يكون جزؤه الاعظم الذى ممّا يلى القوّة
المحركة للثقل على هذه النسبة او اكثر قليلا واستعمال 20
ذلك فى مثل هذه الآلات يصعب او يكاد ان يكون غير

nun der Kreis um einen Mittelpunkt, oder auf einer Ebene, worauf er senkrecht steht, bewegen. Dasselbe gilt von den ihm verwandten Figuren, den Kugeln und den Cylindern; denn ihre Bewegung ist eine drehende, wie wir es in dem vorhergehenden Buche bewiesen haben. 5

Nehmen wir nun an, wir wollten zuerst eine grofse Last mittels des Rades auf der Welle durch eine kleine Kraft bewegen, ohne dafs dabei jenes Hindernis auftritt.

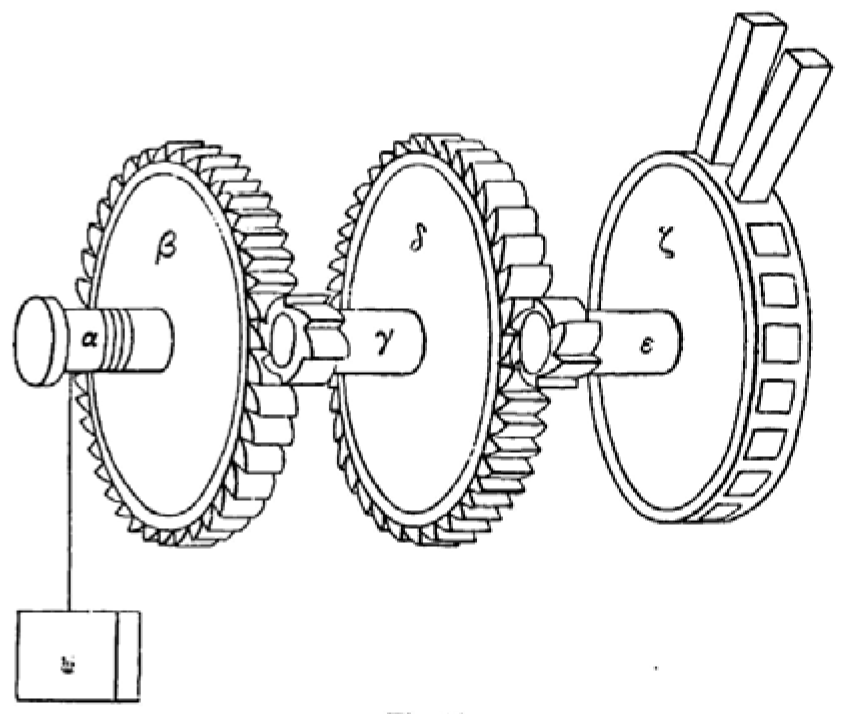



Fig. 35.

Sei die Last, die wir bewegen wollen, tausend Talente, und die Kraft, mit der wir dieselbe bewegen wollen, fünf 10 Talente. Nun müssen wir zuerst die Kraft mit der Last ins Gleichgewicht bringen, weil wir, wenn dies eintritt, imstande sind, jene Kraft das Übergewicht über die Last erlangen zu lassen, indem wir einen kleinen Überschufs an dem Werkzeuge anbringen. Bringen wir nun 15 die Welle, auf welcher sich das an der Last befestigte

ممكن لانّا إن صيّرنا قطر المحور نصف ذراع لكى يقوى
ان يتعلّق الحمل عليه احتجنا ان نصير قطر الفلكة مائة
ذراع او اكثر من ذلك قليلا وعمل هذا يصعب[1] وكذلك
يعرض فى المخل وفى الآلة الكثيرة الرفع لانّه لا يمكنّا ان
نعمل قسمة المخل على هذا* ولا نعمل كثرة البكر على 5
هذا[2] القدر فلنحتال الآن فى تسهيل الامتناع الذى
يعرض لهذه الثلاث القوى ⊙

[٢١] ونقول إنّ الدائرة هى اكثر* الاشكال كلّها
حركة واسهلها كانت الدائرة متحرّكة على مركز واحد
او كانت متحرّكة على سطح قائمةً عليه وكذلك[3] الاشكال 10
القريبة منها اعنى الأكر والاساطين فانّ حركتها استداريّة
كما قد بيّنّا فى المقالة التى قبل هذه ⊙ فهنا نريد ان
نحرّك اوّلا ثقلا عظيما بالمحور الداخل فى الفلكة بقوّة
يسيرة ولا يعرض فيه ذلك الامتناع وليكن الثقل الذى
نريد تحريكه الف قنطار مثلا والقوّة التى* نريد ان[4] 15
نحرّكه بها خمسة قناطير فنحتاج اوّلا ان نصيّر القوّة معادلة
للثقل لأنّ ذلك اذا ظهر امكنّا ان نصيّر تلك القوّة تقوى
على الثقل بزيادة ما يسيرة نزيدها فى الآلة فلنصيّر المحور
الذى يلتفّ عليه القلس المشدود فى الثقل على علامة*
آ ولتكن الفلكة المركّبة على علامة[5] بَ وليسهل علينا صنعة 20

1) CLB صعب  2) K om.  3) L om.  4) B om.  5) B om.

Seil aufwickelt, im Punkte $\alpha$ an, und sei das daraufsitzende Rad bei $\beta$. Damit uns die Herstellung des Werkzeugs leichter falle, machen wir den Durchmesser des Rades fünfmal so groſs als den Durchmesser der Welle. Hierbei ist es nötig, daſs die das Rad $\beta$ bewegende Kraft, die der Last von tausend Talenten das Gleichgewicht hält, zweihundert Talente sei; die angenommene Kraft, die wir haben, ist aber nur fünf Talente. Wir können also mit dieser Kraft durch das Rad $\beta$ die angenommene Last nicht bewegen. Machen wir also eine gezahnte Welle, nämlich die Welle $\gamma$, die in die Zähne des Rades $\beta$ eingreift, damit, wenn die Welle $\gamma$ sich bewegt, durch ihre Rewegung das Zahnrad $\beta$ zugleich mit der zuerst angenommenen Welle sich in Bewegung setzt, so daſs sich die Last bewegt, wenn die Welle $\gamma$ sich dreht. Diese Welle läſst sich durch die Kraft, die das Zahnrad $\beta$ bewegt, in Bewegung setzen, weil wir bewiesen haben, daſs alle sich um besondere Mittelpunkte bewegenden Gegenstände sich durch eine kleine Kraft bewegen lassen. Daher ist kein Unterschied, ob die Last durch das Zahnrad $\beta$, oder durch die Welle $\gamma$ bewegt wird. Befinde sich ferner auf der Welle $\gamma$ ein darauffestsitzendes Rad, nämlich $\delta$, dessen Durchmesser z. B. das Fünffache desjenigen der Welle $\gamma$ ist, so muſs die Kraft, die an dem Rad $\delta$ der Last das Gleichgewicht hält, vierzig Talente sein. Nehmen wir ferner noch eine Welle an, nämlich $\varepsilon$, die in dieses Zahnrad eingreift, so wird die bewegende Kraft bei $\varepsilon$ ebenfalls vierzig Talente sein. Sei nun noch ein Zahnrad, das auf der Achse $\varepsilon$ festsitzt, vorhanden, nämlich das Rad $\zeta$, und sei sein Durchmesser das Achtfache des Durchmessers der Achse $\varepsilon$, weil die Kraft von vierzig Talenten das Achtfache der Kraft von fünf Talenten ist, so wird die Kraft bei $\zeta$, die der Last von tausend Talenten das Gleichgewicht hält, fünf Talente

---

1) L om. 2) L om. 3) K على

الآلة نصيّر قطر الفلكة خمسة امثال قطر المحور فيحتاج
فى هذا ان تكون القوّة المحرّكة لفلكة بَ المعادلة لثقل
الف قنطار مائتى قنطار والقوّة المفروضة التى لنا انّما
هى خمسة قناطير فليس يمكنّا ان نحرك بفلكة بَ الثقل
المفروض بهذه القوّة فلنصيّر محوراما مضرسا وهو محور جَ 5
مركّبا فى اضراس فلكة بَ لتكون اذا تحرّك محور جَ
تتحرك بحركته فلكة بَ مع المحور المفروض اوّلا فيكون
اذا حرّك محور جَ يتحرك الثقل المفروض ويكون هذا
المحور يتحرك بالقوّة التى تحرّك فلكة بَ لانّا قد برهنّا
ان كل المتحركات على مراكز خاصّة فانها تتحرك بقوّة 10
يسيرة فلذلك لا يكون فصل بين حركة الثقل بفلكة بَ
وبين حركته بمحور جَ فليكن ايضا على([1] محور جَ([2] فلكة
ثابتة عليه وهى فلكة دَ وليكن قطرها مثلا خمسة امثال
قطر محور جَ فيحتاج ان تكون القوّة التى عند فلكة دَ
المعادلة للثقل اربعين قنطارا وايضا نفرض محورا آخر وهو 15
محور هَ مركبا فى([3] هذه الفلكة فتكون القوّة المحرّكة
التى عند هَ ايضا اربعين قنطارا ولتكن فلكة ما ثابتة على
محور هَ وهى فلكة زَ وليكن قطرها ثمانية امثال قطر محور
هَ لانّ قوّة اربعين قنطارا ثمانية امثال قوة خمسة قناطير
فتكون القوّة التى عند فلكة زَ المعادلة لثقل الف قنطار 20
خمسة قناطير وهذا كان مفروضا فلان تقوى القوّة على

sein, wie es gegeben war. Damit aber die Kraft das Übergewicht über die Last erhalte, müssen wir das Rad $\zeta$ ein wenig gröfser oder die Achse $\varepsilon$ ein wenig dünner machen. Wenn wir dies thun, wiegt die Kraft die Last auf. 5

Wenn wir bei diesem Vorgehen noch mehrere Räder und Achsen benutzen wollen, so müssen wir dasselbe Verhältnis anwenden, weil alle Verhältnisse der Last entsprechen müssen, wenn wir die Kraft mit der Last ins Gleichgewicht bringen wollen. Wenn wir aber wollen, 10 dafs sie die Last aufwiegt, müssen wir den gesamten Verhältnissen einen Überschufs über die Gleichgewichtslage der Last geben.

Durch die Achse, die durch ein Rad geht, läfst sich also auf diese Weise eine bekannte Last bewegen. Wenn 15 wir aber die Räder nicht gezahnt machen wollen, so winden wir um Achsen und Räder Seile, und dieselbe Arbeit läfst sich dann leisten, weil durch das Rad, das sich zuletzt bewegt, die erste Achse, die die Last zieht, bewegt wird. Diese Art Räder und Achsen anzuwenden, mufs in festen 20 Stützen stattfinden, in welchen Löcher sind, worin die Enden der Achsen eindringen. Diese Stützen müssen, wenn die Last gehoben wird, an einem sicheren, festen Platze errichtet sein.

22 Bei diesem Werkzeug und den ihm ähnlichen von 25 grofser Kraftentfaltung tritt aber eine Verzögerung ein, weil wir desto mehr Zeit gebrauchen, je geringer die bewegende Kraft im Verhältnis zu der zu bewegenden Last ist, sodafs Kraft zu Kraft und Zeit zu Zeit in demselben (umgekehrten) Verhältnis stehen. Ein Beispiel dafür ist 30 folgendes: Da die Kraft bei dem Rade $\beta$ zweihundert Talente war, und sie die Last bewegte, so bedarf man einer Umdrehung, damit das um $\alpha$ gewundene Seil sich aufwickele, sodafs die Last sich bei Bewegung des Rades $\beta$ um den Betrag des Umfanges von $\alpha$ bewegt. Wird sie 35 aber durch Bewegung des Zahnrades $\delta$ bewegt, so mufs das Rad auf $\gamma$ sich fünfmal bewegen, damit die Achse $\alpha$ sich

التقل نحتاج ان نصيّر فلكة ز اعظم قليلا او نصيّر محور ة اصغر[1] قليلا فاذا فعلنا ذلك قوّيت القوّة على التقل فان اردنا ان نستعمل محاورا وفلكا كثيرة فى هذا العمل فانّا نحتاج فيه الى هذه النسبة لانّا نحتاج إن نحن اردنا ان نصير القوّة معادلة للتقل أن يكون جميع النسب معادلة 5 للتقل وإن اردنا ان نقوى على التقل احتجنا ان نصيّر فى جملة النسب زيادة على معادلة التقل أمّا[2] المحور الذى فى داخل الفلكة فعلى هذه الجهة تحرّك به التقل المعلوم فإن اردنا ان لا نصيّر الفلك ذات اوتاد نلقّ على المحاور والفلك قلوسا فيخرج لنا ذلك العمل لان الفلكة 10 التى تحرك اخيرا يتحرّك بها المحور الاول الذى يشيل التقل وهذه الصيغة التى للمحاور والفلك إنّما تكون فى اركان ثابتة تكون فيها ثقب تنفذ فيها اطراف المحاور وهذه الاركان اذا كان التقل[3] يرتفع ينبغى ان تكون فى موضع ثابت وثيق ⊙ 15

[٢٢] وقد يعرض لهذه الآلة وما اشبهها من الآلات ذوات القوّة الكبيرة ابطاء لان بقدر ضعف[4] القوّة المحرّكة عند عظم التقل المتحرّك بذلك القدر نزيد فى الزمان فتكون بنسبة واحدة[5] القوّة[6] الى القوّة والزمان[7] الى الزمان

---

1) B أدقّ  2) B om.  3) LC om.  4) K صغر
5) B om.  6) K للقوّة  7) K للزمان

einmal bewegt, weil der Durchmesser von $\beta$ das Fünffache des Durchmessers der Achse $\gamma$ ist. Also ist das Fünffache von $\gamma$ gleich dem einfachen $\beta$, wenn wir die Achsen und Räder je einander gleich machen. Wenn aber nicht, so finden wir eine dieser ähnlichen Proportionalität. Das Zahnrad $\delta$ bewegt sich bei $\beta$ und die fünf Umläufe von $\delta$ beanspruchen die fünffache Zeit eines einzelnen (von $\beta$), und die zweihundert Talente sind das Fünffache von vierzig Talenten. Daher ist das Verhältnis der bewegenden Kraft zur Zeit ein umgekehrtes. Dasselbe zeigt sich bei mehreren Achsen und mehreren Rädern und wird auf dieselbe Art bewiesen.

**23** Wir sollen nun dasselbe Gewicht mit derselben Kraft durch das Flaschenzug genannte Werkzeug bewegen. Das Gewicht sei mit $\alpha$ bezeichnet, der Ort, von dem es weggezogen wird, mit $\beta$ und der ihm gegenüberliegende Ort mit $\gamma$, welches der feste Stützpunkt ist, bis zu welchem wir das Gewicht heben wollen. Habe der Flaschenzug z. B. fünf Rollen, und befinde sich die Rolle, von der aus die Last gezogen wird, bei dem Punkte $\delta$, so mufs die Kraft bei $\delta$, welche den tausend Talenten das Gleichgewicht hält, zweihundert Talente sein; die uns gegebene Kraft beträgt aber nur fünf Talente. Ziehen wir also von der Rolle $\delta$ ein Seil nach einem Flaschenzug beim Punkte $\varepsilon$, und sei ihm gegenüberliegend ein fester Stützpunkt bei $\zeta$; befinden sich an diesem festen Stützpunkt und in seiner Nähe bei dem Punkte $\varepsilon$ fünf Rollen, und befinde sich die Zugrolle bei $\eta$, so mufs die Kraft bei $\eta$ eine Kraft von vierzig Talenten sein. Ziehen wir wieder das Ende des bei $\eta$ befindlichen Seiles nach einem anderen Flaschenzuge bei $\vartheta$ und befinde sich der feste Stützpunkt bei $\varkappa$ und werde bei $\varkappa$ gezogen, so wird, weil vierzig Talente das

1) Codd. om. 2) B على فلكة اب على ح 3) CLK om.
4) BCKL قطر محور 5) K ج CL دج B دة 6) L om.

مثال ذلك انّه لمّا كانت القوة عند فلكة بَ مائتى قنطار وكانت تحرّك الثقل يحتاج* الى دورة واحدة فى(1 ان يلتفّ القلس الذى* لفّ على آ(2 ليتحرّك الثقل* بحركة فلكة بَ(3 *بقدر محيط(4 آ(5 وان كان يتحرك(6 بحركة فلكة دَ يحتاج ان تتحرّك فلكة جَ خمس مرّات ليتحرّك 5 محور آ مرّة واحدة لان قطر فلكة بَ خمسة امثال قطر محور جَ فخمسة امثال(7 جَ مساوية لواحد مثل بَ اذا نحن صيّرنا المحاور متساوية والفلك وإلّا فانّا نجد * تناسبا مشابها لهذا(8 انّ(9 فلكة دَ تتحرك عند ب والخمس محيطات(10 التى لدَ لها خمسة ازمان محيط واحد 10 والمأتنا(11 قنطار خمسة امثال اربعين قنطارا فاذًا نسبة القوّة المحرّكة الى القوّة المحركة بالمبادلة وكذلك يعرض فى المحاور الكثيرة والفلك الكثيرة وبهذا يتبيّن ⊙

[٢٣] ولزم ان نحرك هذا الثقل بهذه القوّة بالآلة التى تسمّى كثيرة الرفع وليكن الثقل الذى عليه علامة آ وليكن 15 الموضع الذى يجبذ منه عليه(12 علامة بَ والموضع الذى يحاذيه عليه(12 علامة جَ وهو الركن الثابت الذى نريد ان

---

K فان كانت يتحرك 7) Codd. مثل 8) Codd. تتناسب منشابهة لهذه 9) Codd. om. 10) BCL محيطان 11) Codd. المائتى 12) KL على

Achtfache von fünf Talenten sind, der Flaschenzug acht Rollen haben müssen, sodaſs die Kraft bei $\varkappa$, die den tausend Talenten das Gleichgewicht hält, fünf Talente be-

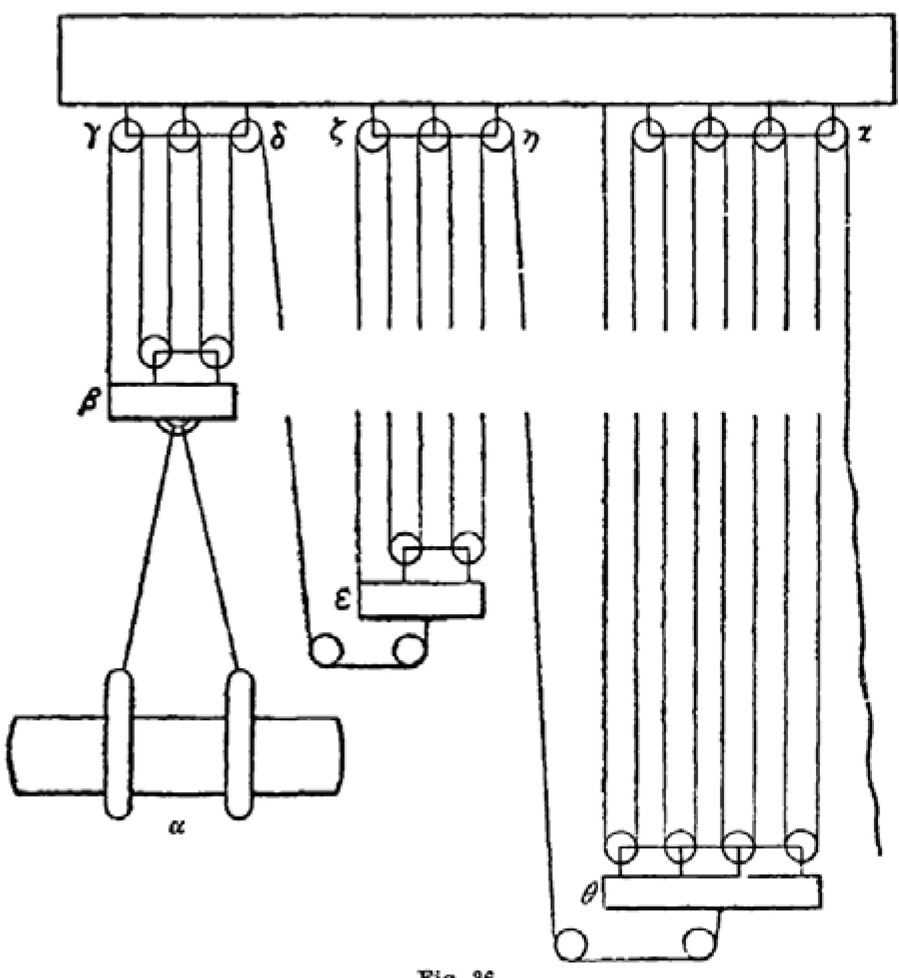



Fig. 36.

trägt. Damit aber die Kraft bei $\varkappa$ das Übergewicht über die Last erlange, müssen die Rollen mehr als acht an Zahl sein; dann wird die Kraft die Last aufwiegen.

24 Daſs die Verzögerung auch bei diesem Werkzeug eintritt, ist klar, weil der Vorgang nach demselben Verhältnis stattfindet. Denn wenn die Kraft bei $\delta$, welche zwei-

نقلّ الثقل اليه وليكن مثلا ذا خمس(1 بكر ولتكن البكرة
التى يمدّ منها الثقل على علامة دَ فيحتاج ان تكون القوّة
التى عند دَ المعادلة للالف(2 قنطار مائتى قنطار والقوّة
المفروضة لنا انّما هى قوّة خمسة قناطير فلنخرج من بكرة
دَ قلسا الى* آلة كثيرة(3 الرفع تكون عند هَ وليكن ركن 5
ثابت محاذيا لها عند زَ وليكن ذلك الركن الثابت وما يليه
عند علامة هَ مثلا ذا(4 خمس بكر وليكن الممدود منه
عند حَ فيحتاج ان تكون القوّة التى عند حَ قوّة اربعين
قنطارا ونخرج ايضا طرف القلس الذى عند حَ الى بكرة
اخرى تكون عند طَ وليكن الركن الثابت عند كَ وليكن 10
يمدّ من علامة كَ ومن اجل أن الاربعين قنطارا هى
ثمانية امثال الخمسة قناطير يحتاج ان تكون الكثيرة
الرفع ذا ثمان بكر فتكون القوّة التى عند كَ المعادلة
للالف قنطار خمسة قناطير فلان تقوى القوة التى عند كَ
على الثقل ينبغى ان تكون البكر اكثر من ثمانية فتقوى 15
القوّة على الثقل ⊙

[٢٤] فامّا ان يكون الابطاء قد يعرض فى هذه
الآلة ايضا فانّ ذلك ظاهر لأنّ هذا فى مثل تلك النسبة
فانّ القوّة التى عند دَ التى هى مائتا قنطار اذا رفعت

---

1) BC الخمس 2) KL لالف 3) BC الآلة الكثيرة
4) LK ذو

hundert Talente beträgt, die Last von $\beta$ nach $\gamma$ hebt, so will sie die fünf um die fünf Rollen gespannten Seile um den Betrag der Entfernung zwischen den Punkten $\beta$ und $\gamma$ aufwickeln, während die Kraft bei $\eta$ die fünf Seile fünfmal aufzuwickeln hat. Wenn wir nun die Entfernungen $\beta\gamma$ 5 und $\varepsilon\zeta$ einander gleich machen, so wickelt sie, bei Aufwickelung eines von den Seilen in der Entfernung $\beta\gamma$, fünf von den Seilen in der Entfernung $\varepsilon\zeta$ auf, weil, wenn die Last sich in der Entfernung zwischen $\beta$ und $\gamma$ bewegt, fünf Seile um den Betrag der Entfernung $\beta\gamma$ aufgewickelt 10 werden müssen, sodafs sich Zeit zu Zeit (umgekehrt) verhält, wie bewegende Kraft zu bewegender Kraft. Damit die Vermehrung der Seile nicht zu zahlreich werde, mufs die Entfernung $\varepsilon\zeta$ das Fünffache der Entfernung $\beta\gamma$ und $\vartheta\varkappa$ das Achtfache von $\varepsilon\zeta$ sein. Bei diesem Verfahren 15 heben die Flaschenzüge zusammen.

**25** Auch mittels des Hebels läfst sich dieselbe Last durch dieselbe Kraft nach demselben Verfahren bewegen.

Es sei also die Last bei dem Punkte $\alpha$ und der Hebel sei $\beta\gamma$, das Hypomochlion beim Punkte $\delta$. Wir bewegen 20 die Last mittels des Hebels, welcher der Erde parallel ist, und

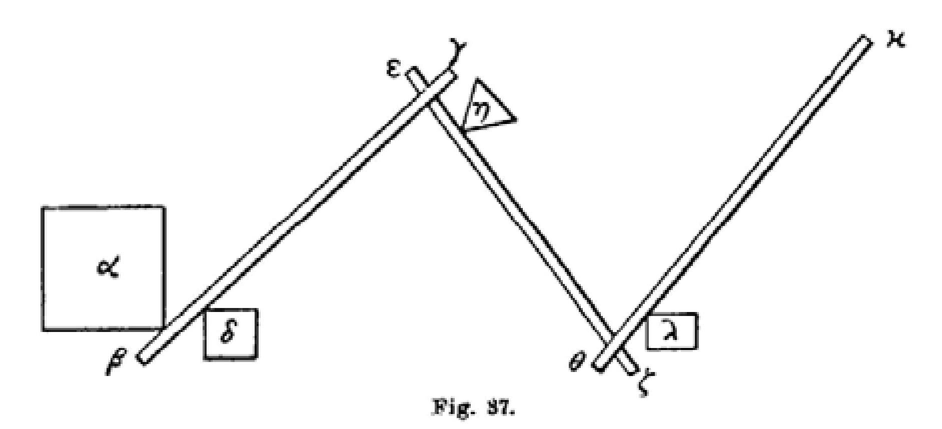


Fig. 37.

sei $\gamma\delta$ das Fünffache von $\delta\beta$. Es wird also die Kraft bei $\gamma$, die den tausend Talenten das Gleichgewicht hält, zweihundert Talente betragen. Sei nun ein andrer Hebel vorhanden, nämlich $\varepsilon\zeta$, und stofse der Punkt $\varepsilon$, der Kopf 25

الثقل من عند بَ الى جَ فانّها تريد ان تلفّ خمسة[1] احبل ممدودة* الى الخمس[2] بكر بقدر البعد الذى بين علامتى بَجَ والقوّة التى عند جَ تريد ان تلفّ الخمسة احبل خمس مرّات فإن نحن صيّرنا بعدى بَجَ هَزَ متساويين تكون بلفّ حبل واحد من الحبال التى فى 5 بعد بَجَ تلتفّ خمسة احبل من الحبال التى فى بعد هَزَ لأن الثقل اذا تحرك فى البعد الذى بين بَجَ يحتاج الى ان تلتفّ له خمسة احبل بقدر بعد بَجَ فتكون نسبة الزمان الى الزمان كنسبة القوّة المحرّكة الى القوّة المحرّكة ولأن لا يكون ازدياد[3] الحبال كثيرا[4] يحتاج الى ان 10 يكون بعد هَزَ خمسة امثال بعد بَجَ و طَلَ[5] ثمانية امثال هَزَ فعلى هذا العمل ترفع[6] البكر الكثيرة الرفع معًا ⊙

[٢٥] فامّا المخل فان هذا الثقل يتحرّك بهذه القوّة بهذا العمل فليكن الثقل على علامة اَ وليكن المخل بَجَ وليكن الحجر الذى تحت المخل على علامة دَ ولتكن 15 حركتنا للثقل بالمخل وهو مواز للارض وليكن جَدَ خمسة امثال دَبَ فتكون القوّة التى عند جَ المعادلة للالف قنطار مائتى قنطار وليكن مخل آخر وهو هَزَ ولتكن علامة

1) B ستّة K سبعة 2) BCL التى للخمس 3) B امداد CLK ازداد 4) CLK كثيرة B om. 5) Codd. هل 6) K يرتفع

des Hebels, an den Punkt $\gamma$, damit bei der Bewegung von $\varepsilon$ auch $\gamma$ sich bewegt; das Hypomochlion sei beim Punkte $\eta$ und (der Hebelarm $\varepsilon$) bewege sich nach $\delta$ hin; sei ferner $\zeta\eta$ das Fünffache von $\eta\varepsilon$, so beträgt die Kraft bei $\zeta$ vierzig Talente. Sei nun noch ein andrer Hebel vorhanden, nämlich $\vartheta\varkappa$ und verbinden wir den Punkt $\vartheta$ mit dem Punkte $\zeta$ und bewege sich dieser entgegengesetzt wie $\varepsilon$; sei ferner das Hypomochlion beim Punkte $\lambda$, und $\varkappa\lambda$ das Achtfache von $\lambda\vartheta$, und bewege sich dieses nach der Richtung, nach der sich $\varepsilon$ nicht bewegt, so beträgt die Kraft bei $\varkappa$ fünf Talente und hält der Last das Gleichgewicht. Wollen wir aber, dafs die Kraft die Last aufwiegt, so müssen wir $\varkappa\lambda$ gröfser als das Achtfache von $\lambda\vartheta$ machen. Wenn also $\varkappa\lambda$ das Achfache von $\lambda\vartheta$, $\zeta\eta$ das Fünffache von $\eta\varepsilon$, und $\gamma\delta$ gröfser als das Fünffache von $\delta\beta$ ist, so wird die Kraft die Last aufwiegen.

**26** Auch hierbei zeigt sich die Verzögerung nach demselben Verhältnisse, weil kein Unterschied besteht zwischen diesen Hebeln und den Wellen, die durch Räder gehen, die sich um Mittelpunkte bewegen. Denn die Hebel sind wie die Wellen, indem sie sich um die Punkte $\delta$, $\eta$, $\lambda$ bewegen, nämlich um die Steine, um welche sich die Hebel drehen. Die Achsenkreise sind die Kreise, welche die Punkte $\beta$, $\varepsilon$, $\vartheta$ beschreiben, und die Räder diejenigen Kreise, welche die Punkte $\gamma$, $\zeta$, $\varkappa$ beschreiben. So wie wir für jene Achsen bewiesen haben, dafs das Verhältnis von Kraft zu Kraft das (umgekehrte) ist, wie das von Zeit zu Zeit, ebenso beweisen wir es auch hier.

**27** Bei dem Keil und der Schraube können wir diese Behauptung aber nicht aufstellen, weil, wie wir im Vorhergehenden bewiesen haben, bei diesen kein Hindernis eintritt, sondern das Gegenteil davon, je gröfser die Kraft an ihnen beiden wird, desto kleiner wird jedes von ihnen. Unsere Absicht war aber über die Maschinen eine Betrachtung anzustellen, die mit der Vergröfserung der Last gröfser werden, sodafs wir imstande wären daran mit kleinen Maschinen zu arbeiten, und es so leichter würde.

ه التي هي رأس المخل مركّبة على علامة ج ليكون بحركة
ه يتحرّك ج وليكن الحجر الذى تحت المخل على علامة
ح وليكن متحرّكا الى د وليكن زح خمسة امثال حه
فتكون[1] القوّة التى عند ز اربعين قنطارا وليكن مخل
آخر وهو طك ولتركّب علامة ط على علامة ز ولتكن متحرّكة 5
حركة ضدّ حركة ه وليكن الحجر الذى تحت المخل على
علامة ل وليكن متحرّكا حركة فى الجهة التى ليس
تتحرك اليها علامة ه وليكن كل ثمانية امثال لط فتكون
القوّة التى عند ك خمسة قناطير فتعادل الثقل فان اردنا ان
تقوى القوّة على الثقل نحتاج ان نصيّر كل اعظم من 10
ثمانية امثال لط فان كان كل ثمانية امثال لط و زح
خمسة امثال حه و حد اكثر من خمسة امثال دب فانّ
القوّة تقوى على الثقل ⊙

[٢٩] وقد يعرض فى هذا الابطاء على تلك النسبة
لانّه ليس بين هذه الامخال وبين المحاور التى فى داخل 15
الفلك المتحرّكة على مراكز فصل لانّ هذه الامخال هى
كالمحاور[2] تتحرّك على علامات دحل التى هى الحجارة
التى تدور عليها الامخال فتكون دوائر المحاور الدوائر
التى ترسمها علامات بهط والفلك الدوائر التى ترسمها
علامات جزك فكما أنّا قد بيّنّا فى تلك المحاور أنّ نسبة 20

1) BC فلتكن    2) LC المحاور

Wir brauchen also bei der Schraube und dem Keil nicht nachzudenken über ihre Verkleinerung, um leichter damit arbeiten zu können.

**28** Dafs die Verzögerung auch bei diesen beiden eintritt, ist klar, weil viele Schläge mehr Zeit beanspruchen als ein einziger, und das häufige Umdrehen einer Schraube mehr Zeit erfordert als eine Umdrehung. Wir haben also bewiesen, dafs das Verhältnis von Keil-Winkel zu Winkel wie das (umgekehrte) von bewegendem Schlag zu Schlag ist. Dann ist auch das Verhältnis von Zeit zu Zeit das (umgekehrte) wie das von Kraft zu Kraft.

**29** Im Vorhergehenden haben wir die bekannte Last mittels vieler Wellen mit Rädern, vieler verbundener Hebel, und vieler Flaschenzüge bewegt. Wir können die bekannte Last aber auch durch eine Vereinigung derselben und durch Verbindung einzelner, aufser dem Keil, bewegen, weil dieser allein nur durch Schläge bewegt wird. Beweisen wir jetzt, dafs wir die vier Potenzen verbinden, und durch ihre Vereinigung die bekannte Last bewegen können.

Sei die bekannte Last beim Punkte $\alpha$, und sei bei den Punkten $\beta\gamma$ ein Hebel; sei der Punkt $\beta$ derjenige unter der Last, und der Punkt $\gamma$ gehoben; das Hypomochlion sei der Punkt $\delta$, und $\gamma\delta$ sei das Fünffache von $\delta\beta$; dann ist die Kraft bei $\gamma$ zweihundert Talente, sodafs sie der Last $\alpha$ das Gleichgewicht hält. Befestigen wir am Ende des Hebels im Punkte $\gamma$ einen Flaschenzug, der sich bei $\varepsilon$ befindet, und sei der andre Teil des Werkzeuges ihm parallel an einer festen Stütze, nämlich beim Punkte $\zeta$. Der Angriffspunkt dieses Werkzeuges sei beim Punkte $\gamma$ und dieses selbst habe fünf Rollen; dann ist die ziehende Kraft vierzig Talente. Sei nun noch eine Welle mit einem Rade vorhanden, nämlich $\vartheta\varkappa$, und sei die Welle mit $\vartheta$, das Rad

---

1) KL om. 2) K لزيادة 3) BC لها 4) B om.
5) Codd. om. 6) BCL ولنبيّن 7) LC om. K نداخل

القوّة الى القوّة كنسبة الزمان الى الزمان كذلك نبيّن فى
هذا ايضا ⊙

[٢٧] فامّا فى الاسفين واللولب فانّه لا يمكنّا ان نقول
هذا لانّه كما قد[1] بيّنّا فيما قبل هذا أنّه ليس يعرض
لشى منها امتناع لكن يعرض ضدّ ذلك وكلّما زادت القوّة 5
التى فيهما صغر كل واحد منهما وانّما كان غرضنا ان
نحتال فيما يزداد عظمه كزيادة[2] الثقل حتى يمكنّا العمل
فيه بآلات صغار فيسهل ذلك فاذًا ليس نحتاج فى الاسفين
واللولب ان نحتال فى تصغيرهما ليسهل العمل ⊙

[٢٨] فامّا ان يكون الابطاء ايضا قد يعرض لهذين 10
فانّ ذلك ظاهر لان الضربات الكثيرة لها من الزمان اكثر مما
للضربة الواحدة وتدوير اللولب دورات كثيرة له[3] من
الزمان اكثر مما للدورة الواحدة وقد بيّنّا انّ نسبة زاوية
الاسفين الى الزاوية كنسبة الضربة المحرّكة* الى الضربة
المحرّكة[4] فاذًا نسبة الزمان* الى الزمان[5] كنسبة القوّة 15
الى القوة ⊙

[٢٩] امّا فيما تقدّم فانّا حرّكنا الثقل المعلوم بمحاور
كثيرة فى فلك وبامخال كثيرة مركّبة وبيكر كثيرة وقد
يمكنّا ان نحرّك الثقل المعلوم باجتماع هذه وتراكب بعضها
ببعض خلا الاسفين لانّه وحده لا يحرّك إلّا بالضربة فلنبيّن[6] 20
الان انّه قد يمكنّا ان نراكب[7] الاربع قوى ونحرّك باجتماعها

mit $\varkappa$ bezeichnet und das Seil, das über die Rollen läuft, sei um die Achse gewickelt. Das Rad sei gezahnt und stehe senkrecht auf der gegebenen Ebene. In seine Zähne

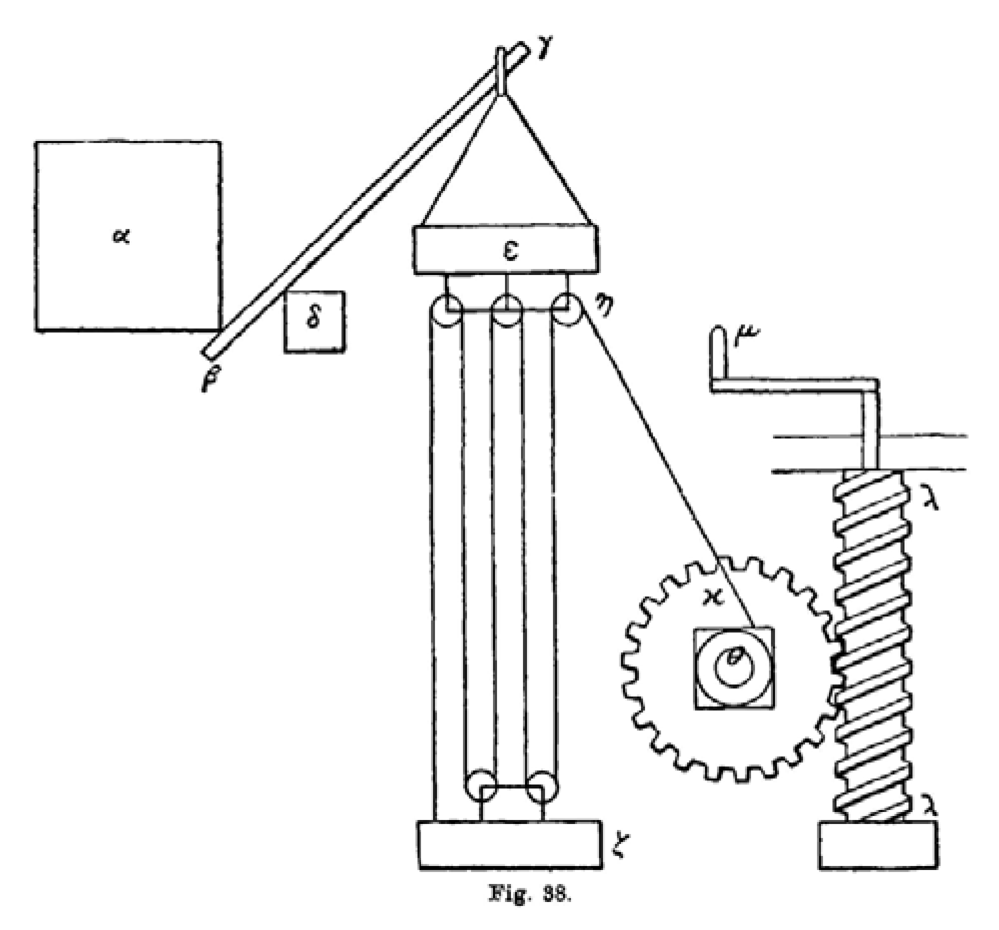



Fig. 38.

soll eine Schraube eingreifen, nämlich die Schraube $\lambda$, mit einem Handgriff, der sie in Umdrehung versetzt, und die Zähne mögen in die Schraubengrube eingreifen. Wenn 5

1) BC ونشدّ 2) LK على 3) B om. 4) Codd. أردنا LC أن ندور 5) K وتد 6) LC om. 7) LCK اللولب 8) LCK om. 9) K بتدويره

الثقل المعلوم فليكن الثقل المعلوم على علامة آ وليكن
مخل على علامتى بج ولتكن علامة ب التى هى طرف
المخل تحت الحمل وعلامة ج متعالية وليكن الحجر
الذى يتحرك عليه المخل علامة د وليكن جد خمسة
امثال دب فاذا القوّة التى عند ج تكون مائتى قنطار 5
حتى تعادل ثقل آ ولنشدّ[1] فى طرف المخل الذى هو
علامة ج آلة كثيرة الرفع تكون على علامة ه ولتكن الآلة
الاخرى موازية لها فى ركن ثابت وهو عند علامة ز وليكن
الشىء الذى يجذب هذه الآلة على علامة ح وليكن ذا
خمس بكر فتكون القوّة الجاذبة اربعين قنطارا وليكن 10
محور على فلكة وهو طك فامّا المحور فعليه[2] علامة ط
وامّا الفلكة فعليها[2] علامة ك وليكن الحبل الذى يجرى
على البكرة ملفوفا على المحور ولتكن الفلكة ذات اسنان*
قائمةً على السطح الموضوع وليركّب فى اسنانها لولب وهو
لولب ل وليكن له مقبض يدوّره على علامة م وليكن 15
تركيب الاسنان[3] فى الحفر اللولبىّ فاذا ادرنا[4] مقبض[5*
م يدور[6] لولب[7] ل[8] ويدور بتدويره[9] اللولب فلكة ك
فيدور بهذا التدوير محور ط ويلتفّ عليه الحبل الذى
للبكر فيكبّس طرف المخل الذى عند ج ويرتفع الثقل
فليكن قطر فلكة ك اربعة امثال قطر محور ط لتكون القوّة 20
التى عند ك عشرة قناطير وليكن وتد م ضعف* قطر

wir nun den Griff $\mu$ in Umdrehung versetzen, dreht sich die Schraube $\lambda$ und zugleich mit der Schraube dreht sich das Rad $\varkappa$; durch dessen Umdrehung dreht sich die Achse und es wickelt sich das Seil der Rollen auf derselben auf, drückt das Hebelende bei $\gamma$ nieder und die Last hebt sich. 5
Sei nun der Durchmesser des Rades $\varkappa$ das Vierfache des Durchmessers der Achse $\vartheta$, damit die Kraft bei $\varkappa$ zehn Talente sei, und sei die Speiche $\mu$ das Doppelte des Durchmessers des Schraubencylinders, so ist die Kraft bei $\mu$, die den tausend Talenten das Gleichgewicht hält, fünf Talente. 10
Wenn wir aber die Speiche beim Punkte $\mu$ ein wenig verlängern, so überwiegt die Kraft von fünf Talenten.

Das Rad mit der Welle und die Schraube seien in einem festen Gestell von der Art eines Kastens angebracht, damit die Enden der Achse in den senkrechten Wänden 15
des Gestelles liegen, das untere Ende der Schraube im Boden des Gestelles sich drehe, und das obere Ende derselben in der Mitte der oberen Fläche. Dieses Ende mache man viereckig und bringe daran eine Scheibe an, in welcher die Speiche sitzt. Dieses feste kastenähnliche 20
Gestell befinde sich an einem soliden, gut fundamentierten Orte von starker Festigkeit. Wenn man die Speiche dreht, hebt sich die Last.

**30** Für den Keil und die Schraube wenden wir folgendes Verfahren an. Sei der Winkel des Keils, den wir machen 25
wollen, $\alpha\beta\gamma$, nämlich ein spitzer. So behaupte ich, dafs die Keile, deren Winkel spitzer sind, die Last durch geringere Schläge, d. h. mittels einer kleineren Kraft bewegen, und sie mögen eine solche Kleinheit erreichen, dafs sie wegen ihrer Spitze nicht zu verwenden sind. 30
Ziehen wir eine auf $\beta\gamma$ senkrecht stehende Linie, nämlich $\beta\delta$, damit der Keil zur Wirkung gelange. Ferner zu $\beta\gamma$ eine Parallele, nämlich $\delta\varepsilon$; ziehen wir nun durch den Punkt $\varepsilon$ eine Linie unter rechtem Winkel, nämlich $\varepsilon\gamma$ und mache man einen Keil, wie der eben bestimmte, nämlich $\alpha\beta\delta\varepsilon$. 35
Treiben wir seine Seite $\beta\delta$ so ein, dafs ein kleines Stück von ihm unter die Last kommt, und sei sein Kopf $\alpha\varepsilon$,

اسطوانة اللولب(1 فتكون القوّة التى(2 عند م المعادلة للالف قنطار خمسة قناطير فان زدنا فى الوتد الذى هو(3 علامة م زيادة ما قويت القوّة التى هى خمسة قناطير وأمّا المحور الذى فى الفلكة واللولب فليركّبا فى ركن ثابت يكون فى هيئة التابوت لتكون اطراف المحور فى حائطى الركنين القائمين ويكون طرف اللولب السفلانى فى اسفل الركن الثابت يدور وطرفه الاعلى* فى وسط السطح الاعلى(4 ولنربع طرفه ونصيّر فيه فلكة يكون الوتد فيها وليكن هذا الركن الشبيه بالتابوت فى موضع ثابت فى موضع جيّد الاساس محكم الوثاقة اذا دوّر الوتد ارتفع الثقل ⊙

[٣٠] فامّا فى الاسفين واللولب فانّا نعمل هذا العمل تكون زاوية الاسفين الذى نريد ان نعمله زاوية(5 ابج وهى حادّة فاقول إنّ الاسافين التى تكون زواياها اكثر حدّة تحرّك الثقل باقلّ ضربة(6 اعنى باصغر قوّة ولتبلغ من صغرها ان لا تستعمل لحدّتها وليخرج* خطّ قائم على خطّ جب* وهو خطّ بد(7 ليقوى الاسفين وليخرج(8 خطّ موازٍ لخطّ بج وهو خطّ ده ولنخرج من علامة ه خطّا

---

1) BCK الوتد الذى من الماخل 2) BCK الوتد الذى 3) K add. عند 4) LCK فى وسطه B كالسطح الاعلى فى وسط ركن ثابت 5) LK om. 6) B om. 7) BCL om. 8) B om.

so zeigt es sich uns, dafs, wenn der Keil $\alpha\beta\gamma$ eingeschlagen wird, er auch $\alpha\beta\delta\varepsilon$ eintreibt. Beweis. Verlängern wir die beiden Linien $\alpha\beta$ und $\delta\varepsilon$ nach $\zeta$, so wird der Winkel $\alpha\zeta\varepsilon$ gleich dem Winkel $\alpha\beta\gamma$; $\alpha\zeta\varepsilon$ ist also ebenfalls ein

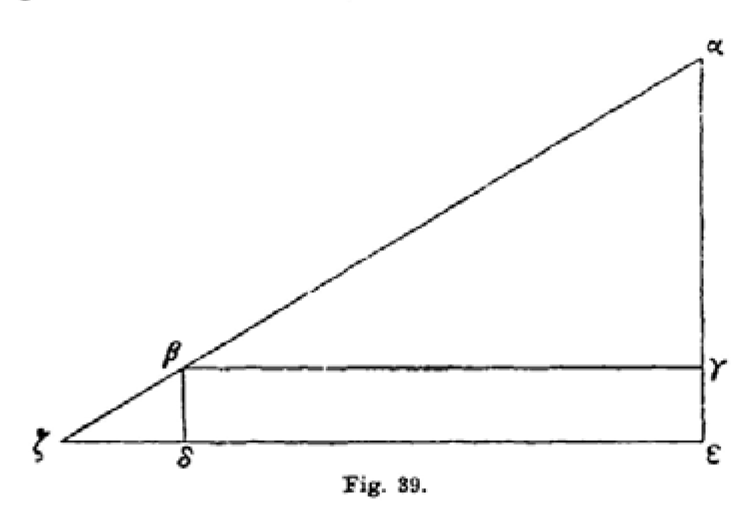



Fig. 39.

Keil, der sich durch dieselbe Kraft bewegen läfst. Denken wir uns nun den bei $\beta\zeta\delta$ gelegenen Teil desselben unter der Last, so ist der Keil eingetrieben. Für den Keil ist also dies der Beweis. Indes ist es nicht absolut notwendig bei dem Keil spitze Winkel anzuwenden, weil wir eben bewiesen haben, dafs jeder leichte Schlag jeden Keil bewegen kann, wenn die Schläge in grofser Anzahl fallen. Wir benutzen aber die spitzen Winkel gerade wegen der leichten Schläge. Es ist also nicht durchaus notwendig bei dem Keil kleine Winkel anzuwenden.

**31** Bei der Schraube können wir nicht ebenso verfahren. Dazu müssen wir an dem Winkel des Schraubenganges, nämlich $\alpha\beta\gamma$ eine auf $\beta\gamma$ Senkrechte $\alpha\gamma$ anbringen, gleich der Dicke des Tylos, den wir in die Schraubengrube eingreifen lassen wollen, und einen Cylinder machen, dessen

---

1) LK زوايا 2) LK om. 3) BCL يعد K نفد
4) B om. 5) BCL الضربات 6) BCL للاسفين 7) B om.

على زاوية[1] قائمة وهو خط ه‍ج وليعمل اسفين كالمعيّن وهو اب د ه وليدخل ضلعه الذى هو ب د ليكون منه شيء يسير تحت الحمل وليكن راسه اه فيظهر لنا ان اسفين اب ج اذا ضرب ينفذ اب د ه برهان ذلك ان نخرج خطّى اب د ه الى ز فتكون زاوية از ه[2] مساوية لزاوية اب ج 5 فيكون از ه إسفينا ايضا يمكن ان يحرّك بتلك القوّة ولنتوهّم ما يلى منه علامات ب ز د تحت الحمل فيكون قد نفذ[3] الاسفين فامّا الاسفين فهذا بيانه وليس يجب باضطرار ان نستعمل للاسفين زاوية حادّة لانّا قد برهنّا أنّ كلّ ضربة يسيرة تمكن ان تحرّك كلّ اسفين اذا ضرب ضربات كثيرة 10 واستعمالنا الزوايا الصغار[4] انّما هو للضربات[5] الصغار فاذًا ليس يجب باضطرار أن نستعمل* فى الاسفين[6] الزوايا[7] الصغار ⊙

[٣١] فامّا فى اللولب فانّه ليس يمكن ان نستعمل مثل هذا العمل ولذلك يحتاج ان نركب فى زاوية الدائرة 15 اللولبيّة التى هى زاوية اب ج عمود اج قائما على ب ج مساويا لغلظ الطولس الذى نريد ان نركبه فى الحفر اللولبىّ ونعمل اسطوانة يكون محيطها مساويا لخطّ ب ج ونرسم دائرة لولبيّة من هذه الخطوط فى بعد اج ونحفر الدائرة اللولبيّة ويكون بعدها مساويا لخطّ اج فبهذا 20 العمل يمكننّا ان نركب تلك الخشبة فى الحفر اللولبىّ ⊙

Umfang gleich der Linie $\beta\gamma$ ist. Konstruieren wir nun aus diesen Linien eine Schraubenwindung von der Höhe $\alpha\gamma$ und höhlen den Schraubengang aus, dessen Abstand gleich der Linie $\alpha\gamma$ ist, so können wir nach diesem Verfahren jenes Holz in die Schraubengrube einfügen. 5

32 Da wir eben für jede einzelne der Potenzen bewiesen haben, dafs sich durch eine gegebene Kraft eine gegebene Last bewegen läfst, müssen wir noch bemerken, dafs man, wenn alle zu konstruierenden Maschinen mit der Feile gedrechselt, gleichmäfsig an Schwere, Ebenmafs und 10 Glätte sein könnten, bei jeder einzelnen derselben die erwähnten Verfahren nach jenen Verhältnissen anwenden könnte. Da es aber den Menschen nicht möglich ist, sie in vollkommener Glätte und Gleichmäfsigkeit herzustellen, mufs man die Kräfte verstärken wegen der Reibung 15 der Maschinen, die eintritt, und sie vergröfsern, indem man sie in gröfserem Mafsstabe baut als nach jenen Verhältnissen, die wir erwähnt haben, damit uns nicht ein Hindernis dabei eintritt, während unsere Beobachtung des Gebrauches der Werkzeuge das für falsch erklärt, 20 dessen Beweis eben als richtig befunden wurde.

33 Es ist nun durchaus notwendig für diejenigen, die sich mit der Wissenschaft der Mechanik beschäftigen, die Ursachen zu kennen, die beim Gebrauch jeder Bewegung wirken, wie wir es für das Heben schwerer Gegenstände 25 mit naturgemäfsen Beweisen dargelegt und alles auseinandergesetzt haben, was bei jeder einzelnen von den erwähnten Potenzen eintritt, damit nichts Unbewiesenes für sie vorkomme, noch etwas, worüber sie im Zweifel sind, sondern sich ihnen, wenn sie jede ihrer Aufgaben 30 genau betrachten, die Richtigkeit davon für alles einzelne, was wir erwähnt haben, ergiebt.

Nun wollen wir von Dingen reden, die die Alten

---

1) Codd. بالشهد 2) BCL بعمله 3) BCL كثر
4) Codd. من امتناع 5) Codd. add. أن 6) BC نجيز

[٣٢] ومن اجل انّا قد بيّنّا فى كل واحدة من
هذه القوى انّه يمكن بالقوّة المعلومة ان يحرّك الثقل
المعلوم ينبغي ان نعلم هذا ايضا انّه لو امكن ان تكون
المعمولات كلّها مخروطة بالمبرد[1] متساوية الثقل متشابهة
الاجزاء ملسة كان يمكن في كل واحدة من هذه الآلات 5
ان نستعمل الاعمال التى ذكرنا على تلك النسبة ولكن من
اجل انّه لا يمكن الناس يعملون ذلك بالاستقصاء فى الملاسة
والاستواء ينبغى ان يزاد فى القوى لما يعرض من خشونة
الآلات ونزيد فى ذلك فنعملها[2] اكثر[3] قدرا من النسب
التى قدّمنا لئلا يعرض لنا* امتناع في[4] ذلك ونظُرنا 10
الى الاستعمال بالآلات[5] يكذب بما قد صحّ برهانه ⊙

[٣٣] وقد يجب باضطرار للذين يريدون معرفة
صناعة الحيل ان يعرفوا العلل التى تعرض فى استعمال
كل حركة كما قد بيّنّا فى رفع الاشياء الثقيلة بالبراهين
الطبيعية واخبرنا بكلّ ما يعرض لكلّ واحدة من القوى 15
التى ذكرنا لئلا يقع لهم شيء بلا برهان او شيء يشكّون
فيه لكن اذا فحصوا فى كل واحد مما يطلبونه يخرج
لهم صدق ذلك فى كلّ واحد ممّا ذكرنا فلنذكر اشياء
قد ذكرها القدماء لما يصلح فى هذا النوع وقد نتعجّب
من هذا ما إذا بيّنّاه كان ضدّ ما تقدّم فى معرفتنا ويكون 20
ابتداء ما نسأل عنه ممّا يظهر لنا وما لا يمكنّا ان نخبّر[6]

schon vorgebracht haben, wegen des Nutzens, den sie in diesem Kapitel haben, und wir werden über Dinge staunen, die, wenn wir sie bewiesen haben, das Gegenteil von dem sind, was vorher in unserer Kenntnis lag. Den Ausgang für die Dinge, nach denen wir forschen, nehmen 5 wir von dem, was uns klar ist. Die Dinge aber, von deren Ursachen wir nur nach den klarsten Sachen reden können, werden unser Erstaunen darüber noch vergröſsern, wenn wir sehen, daſs die Dinge, die wir anwenden, das Gegenteil von dem sind, woran wir uns gewöhnt haben 10 und was bei uns feststand. Es ist nun klar, daſs derjenige, der die Ursachen gründlich auffinden will, notwendigerweise natürliche Prinzipien, entweder eins oder mehrere, anwenden, und alles, wonach er forscht, damit verknüpfen muſs, und daſs die Lösung jeder einzelnen 15 Frage von Grund aus gegeben ist, wenn sich ihre Ursache gefunden hat, und diese etwas ist, was wir bereits erkannt haben.

Es gelte nun für uns als Grundsatz, daſs das Leichte leicht beweglich, das Schwere schwer beweglich ist, und 20 daſs dieselbe Last durch eine gröſsere Kraft sich leichter bewegen läſst, als durch eine kleinere; denn das Eine ergiebt sich aus dem Anderen und ist klar und offenbar für uns.

Wir müssen aber wissen, daſs in jeder Frage etwas 25 Dunkles, nicht Offenbares liegt, weil fast niemals nach etwas gefragt wird, wobei die Ursache klar und deutlich ist. Auſserdem ist zu beachten, daſs alle Fragen, die in der Mechanik auftreten, und wobei eine Dunkelheit in Betreff der Ursache ist, daraus entstehen, daſs wir 30 nicht sehen können, wie die schweren Körper sich auf die sie bewegenden Kräfte verteilen; dieser Grund wird durch viele Umstände offenbar, besonders aber durch die

---

1) BCL فيصف 2) BCL om. 3) Codd. واحد 4) Codd. علته 5) B om. 6) B om. 7) B om.

باسبابه الا بعد الاشياء الظاهرة فيكثر تعجّبنا لذلك اذ
كنا نرى الاشياء التى نستعمل ضدّ ما اعتدناه وما كان
عندنا فظاهر لنا انّه يجب باضطرار لمن اراد الاستقصاء
فى وجود العلل ان يستعمل ابتداءات طبيعية إمّا واحدة
وإمّا كثيرة فيضيف[1] كل ما يسال عنه اليه ويخرج حلّ[2] 5
كلّ واحدة[3] من المسائل باستقصاء اذا ظهرت علتها[4]
وكانت هى الشىء الذى قد عرفناه فليكن لنا موضوعا أن
الخفيف سهل الحركة والثقيل عسر الحركة وأن الثقل
الواحد حركته بالقوّة* الاكبر اسهل منه بالقوة[5] الاقلّ
فانّ هذا قد نراه على هذا وهو بيّن ظاهر لنا وقد يجب 10
ان نعلم أنّ كلّ ما يسأل عنه قد يعرض فيه شىء خفىّ
ليس بظاهر لانّه لايكاد يسأل عن شىء العلّة فيه ظاهرة
بينة ولكن يجب ان نعلم أن ابتداء كلّ المسائل التى
تعرض فى صناعة الحيل وخفيّة العلّة فى ذلك انّه لا
يمكنّا ان نرى الاجسام الثقيلة منقسمة على القوى المحرّكة[6] 15
لها وهذه العلّة تكون ظاهرة باشياء كثيرة وبخاصة بحركات
هذه الاجسام لأن الجسم الذى لايحرّكه رجل واحد او
الذى اذا حرّكه رجل واحد كان ذلك عليه عسرا جدّا
فان جماعة من الرجال يحركونه وتكون حركته عليهم
سهلة فلو كان يعرض ان يكون على[7] كلّ واحد من 20
المحركين ثقل المحرك كلّه كان لا يوجد اختلاف حركة

Bewegungen dieser Körper. Denn einen Körper, den ein Mann nicht bewegt, oder der, wenn ihn ein Mann bewegt, diesem zu schwer wird, bewegen eine Anzahl von Männern, und es fällt ihnen leicht ihn zu bewegen.

Wenn es der Fall wäre, daſs die ganze zu bewegende 5 Last auf jedem einzelnen der Bewegenden läge, so wäre kein Unterschied in der Bewegung, zwischen der Bewegung des Einzelnen und der Bewegung der Gesamtheit. Wir sehen aber, daſs die Bewegung der Gesamtheit leichter fällt. Und weil auf jeden einzelnen von der Gesamtheit 10 etwas von der Last entfällt, und ihnen die Bewegung leicht wird, ist es klar, daſs die Last auf diejenigen, die sie tragen, verteilt wird.

**34** Fragen. a. Warum tragen Wagen mit zwei Rädern die Lasten leichter als Wagen mit vier Rädern? 15

Weil die Last auf Wagen mit zwei Rädern sich in zwei gleichen Teilen zu beiden Seiten der Achse verteilt. Bei Wagen mit vier Rädern geht das nicht an; die Last läſst sich nicht so verteilen, daſs die beiden Teile derselben auf beiden Seiten gleich wären, sondern die ganze Last 20 liegt vor den Hinterrädern und hinter den Vorderrädern, und die Verschiedenheit der Lage benimmt die Geschwindigkeit der Bewegung der Räder; denn das Rad hat nur schnelle Bewegung, weil seine Last auf allen seinen Teilen gleichmäſsig ruht. 25

b. Warum ist den Zugtieren das Ziehen eines Wagens im Sande schwer?

Weil ein Teil der Krümmung der Räder in der Grube des Sandes sich befindet, und, wenn der Wagen angezogen wird, der Sand, der vor dem Rade ist, dieses stützt. 30 Ferner ist es deshalb schwierig, weil die Füſse der Tiere in den Sand eindringen und ihr Herausziehen schwer fällt. Auf hartem Boden aber kommt dies nicht vor.

---

1) B om. 2) LCK om. 3) B على 4) B om. 5) LK الفلكة 6) LK om.

بين حركة الواحد وبين حركة الجماعة* ولكنّه قد نرى الحركة على الجماعة[1] اسهل ومن اجل أنّ الجماعة قد ينال كلّ واحد منهم شيء ما من الحمل وقد يسهل عليهم حركته فظاهر لنا أنّ الحمل ينقسم على الذين يحرّكونه ⊙

[٣۴] المسائل[2] آ لماذا صارت العجل التى هى 5 ذات فلكتين تحمل الانتقال اسهل من العجل اذا كانت ذات اربع فلك لان الثقل فى العجل التى هى ذات فلكتين نقله ينقسم بقسمين متساويين عن[3] جنبى المحور فأمّا فى العجل التى هى ذات اربع فلك فانّ ذلك لا ينهيّأ ولا ينقسم الثقل فيكون جزءاه اللذان فى الجهتين 10 متساويين لكن يكون الحمل كلّه أمام الفلكتين* المؤخرتين وخلف الفلكتين[4] المقدمتين فيذهب بسرعة حركة الفلك اختلاف وضع الثقل فانّ الفلكة انّما صارت سريعة الحركة لأنّ ثقلها فى اجزائها كلّها متساو ⊙

بَ لماذا صار جرّ العجل يصعب على الدوابّ فى 15 الرمل لأنّ بعض تقويس الفلك تكون فى قعر الرمل فاذا جرّت العجلة[5] تدعم الفلكة الرمل الذى هو أمامها وايضا قد يصعب ذلك من اجل أنّ[6] ارجل الدوابّ تنفد فى الرمل فيكون قلعها صعبا فامّا فى الارض الصلبة فانّ ذلك لا يعرض ⊙ 20

جَ لماذا صار الثقل الواحد فى الموازين المتعادلة

c. Warum bewirkt dasselbe Gewicht bei im Gleichgewicht befindlichen Wagen eine verschiedene Neigung, so zwar, daſs es bei der geringeren Last eine gröſsere Neigung hervorruft?

Wenn man z. B. zwei Wagschalen hat, in deren jeder drei Minen liegen, und wir legen in eine der beiden Schalen noch eine halbe Mine, so neigt sich diese Schale sehr stark. Wenn aber in jeder Schale zehn Minen liegen, und wir legen in der einen Schale eine halbe Mine hinzu, so ist die Neigung des Balkens nur sehr gering.

Weil es sich im ersten Falle zeigt, daſs die Last durch eine groſse Kraft bewegt wird, indem die drei Minen das Gleiche *plus* dem Sechstel davon bewegt; die zehn Minen aber bewegt das Gleiche *plus* dem Zwanzigstel davon. Denn eine halbe Mine ist das Zwanzigstel von zehn, aber das Sechstel von drei Minen, und die Last, welche durch die gröſsere Kraft bewegt wird, ist leichter beweglich.

d. Warum fallen groſse Lasten in kürzerer Zeit zu Boden als leichtere?

Weil sie, wie es sich bei ihnen zeigt, daſs sie sich leichter bewegen lassen, wenn die sie von auſserhalb bewegende Kraft gröſser ist, sich ebenso schneller bewegen, wenn ihre in ihnen selbst liegende Kraft gröſser ist. Die Kraft und die Anziehung sind aber bei der gröſseren Last in natürlichen Bewegungen gröſser als bei der kleineren Last.

e. Warum fällt dasselbe Gewicht, wenn es breit ist, langsamer zu Boden, als wenn es rund ist?

Nicht weil, wie manche glauben, das breite in seiner Breite auf viel Luft stöſst, das runde aber, weil seine Teile sich ineinander einlassen, nur auf wenig Luft stöſst, sondern weil die Last, die sich breit herabsenkt, viele Teile

1) BCL كانت 2) B om. 3) LCK النصف منها
4) BCL نفسها 5) K متداذرا

يفعل ميلا مختلفا فيكون فعله الميل الاكثر في الثقل الاصغر
فانّه اذا كانت[1] كفتان في كلّ واحدة منهما ثلاثة امناء
وصيّرنا في احدى الكفّتين نصف منّا مالت تلك الكفّة ميلا
كثيرا فإن كان في كل كفّة عشرة امناء وزدنا في احدى[2]
الكفّتين نصف منّا كان ميل العمود في ذلك يسيرا جدّا ؛
لانّه يعرض في ذلك ان يتحرّك الثقل بقوّة كبيرة فانّ الثلاثة
الامناء يحرّكها مثل وسدس مثل فامّا العشرة امناء فانّه
يحرّكها مثل ونصف عشر مثل لان* نصف المنّ[3] هو نصف
عشر العشرة امناء وهو سدس الثلاثة الامناء والثقل الذى
تحرّكه القوّة العظمى تكون حركته اسهل ⊙ 10

د لماذا صارت الاثقال العظام يهبط الى الارض في
زمان اقلّ من زمان التي هي اخفّ لانّه كما يعرض فيها
اذا كانت القوّة المحركة لها من خارج أكبر فانّها تتحرّك
اسهل كذلك اذا كانت قوّتها في انفسها[4] اكبر تحرّكت
أسهل والقوة والجذب في الثقل الاعظم في الحركات 15
الطبيعية اكبر منه في الثقل الاصغر ⊙

ه لماذا صار الثقل الواحد اذا كان له عرض يكون
هبوطه الى الارض أبطأ منه اذا كان مستديرا[5] لانه ليس
كما ظنّ قوم أنّه ينال المعترض بعرضه هواء كثيرا وامّا
المستدير فلان اجزاءه بعضها مداخل في بعض لا ينال من 20
الهواء إلّا يسيرا لكن الثقل الذى ينحطّ معترضا تكون

hat, deren jedem gemäſs seiner Breite ein Teil der Kraft zukommt, so daſs bei der Bewegung dieser Last jeder von ihren Teilen von der sie bewegenden Kraft nach Maſsgabe seines Gewichtes etwas erhält, aber nicht eine Kraft dieselbe als Ganzes trifft. 5

f. Warum treibt ein Schuſs von der Mitte der Sehne den Pfeil auf eine groſse Entfernung hinaus?

Weil die Spannung daselbst am stärksten und die treibende Kraft am gröſsten ist. Deshalb macht man auch die Bogen aus Hörnern, weil hierbei das Biegen 10 möglich ist. Wenn sie stark gebogen sind, ist auch die Sehne mit dem Pfeil stärker gespannt, so daſs eine gröſsere Kraft in ihn kommt und er deshalb eine weitere Strecke durchdringt. Deshalb treiben harte Bogen, deren Enden sich nicht biegen lassen, den Pfeil nur auf kurze Strecken. 15

g. Warum läſst sich Holz schneller brechen, wenn man das Knie bei demselben in die Mitte bringt?

Weil, wenn man das Knie dabei in geringere Entfernung (vom einen Ende) als die Mitte bringt, so daſs der eine der beiden Teile kürzer ist als der andre, es eine in zwei 20 ungleiche Teile geteilte Wage ist, weshalb die von dem Knie entferntere Hand das Übergewicht über die ihm nähere hat. Die eine erreicht aber die Kraft der anderen nur, wenn beide an dem Ende des Holzes (gleichweit von der Mitte) sind. 25

h. Warum ist ein Stück Holz, je länger es ist, desto schwächer und warum nimmt seine Biegung zu, wenn es in einem seiner beiden Enden aufgerichtet wird?

Weil im langen Holze groſse Kraft auf seine Teile verteilt ist, so daſs das Ganze das Übergewicht hat über den 30

---

1) K التثنى 2) K أثنب 3) B om. 4) Codd. add. لانه 5) LCK om. 6) Codd. add. على 7) Codd. زاد 8) BC ضعف KL ضعفت 9) Codd. الطويل 10) Codd. فيه 11) Codd. اجزائه

له اجزاء كثيرة ولكلّ واحد منها من القوّة على قدر عرضه
ففى حركة هذا الثقل يأخذ كلّ واحد من اجزائه من
القوة التى تحرّكه على قدر ثقله ولا يناله كلّه قوّة واحدة ⊙

وَ لماذا صار الرمى من وسط الوتر ينفذ السهم بعدا
كثيرا لان التوتّر يكون فيه اكثر وتكون القوّة الباعثة اعظم
ولذلك صيّروا القسى من قرون ليمكن فيها الثنى[1] فاذا
ثنيت[2] كثيرا توتّر الوتر بالسهم اكثر وصارت فيه قوّة اعظم
فنفذ بعدا اطول ولذلك صارت القسى الصلبة التى لا
تجيب اطرافها الى الثنى تنفذ السهم بعدا اقلّ ⊙

زَ لماذا صار الخشب يندقّ اسرع اذا صيّرت الركبة
منه على* النصف لانّه اذا صيّرت الركبة منه على[3] اقلّ من
النصف فكان احد جزئيه اطول من الآخر[4] يكون ميزانا
منقسما بقسمين مختلفين فتقوى اليد[5] البعيدة من الركبة
على اليد القريبة منها وليس ينال إحداهما قوّة[6] الاخرى
الّا ان يكون جميعهما فى طرف العود ⊙

حَ لماذا صارت الخشبة كلّما زادت[7] فى طولها أكثر
ضعفا[8] وكثر انثناؤها اذا اثقلت فى احد طرفيها لان
الخشب الطويلة[9] فيها[10] قوّة كبيرة متفرّقة فى اجزائها[11]
فتكون كلّها تقوى على الثابت منها الذى به تقلّ فيعرض
لها ما يعرض فى الخشب القصار اذا علّق فى اطرافها شىء
يكبّسها فتكون الزيادة فى طول الخشبة بقدر ذلك الثقل

festen Teil desselben, auf welchem es sich erhebt. Daher tritt hierbei dieselbe Erscheinung ein wie bei kurzem Holz, wenn an dessen Enden etwas hängt, das es niederdrückt. Der Zuwachs an Länge des Holzes entspricht also dem Gewichte, welches das kürzere Holz herabzieht. Deshalb begegnet dem langen Holze durch sich selbst wegen seiner Länge dasselbe, wie dem kurzen Holz, wenn an seinem Ende etwas Schweres angebunden wird.

i. Warum benutzt man beim Zahnausziehen Zangen und nicht die Hand?

Weil wir den Zahn mit der ganzen Hand nicht packen können, sondern nur mit einem Teil derselben; und wie es uns schwerer fällt, ein Gewicht mit nur zwei Fingern zu heben, als mit der ganzen Hand, so ist es auch schwerer für uns, den Zahn mit zwei Fingern zu packen und zu drücken, als mit der ganzen Hand. In beiden Fällen ist die Kraft dieselbe, aber die Teilung der Zange bei ihrem Nagel bewirkt dazu, daſs die Hand die Übermacht über den Zahn hat; denn es ist ein Hebel, an dessen gröſserem Teil die Hand ist, und der Abstand der Zange erleichtert das Bewegen des Zahnes. Denn die Zahnwurzel ist das, um was sich der Hebel bewegt. Weil aber der Abstand der Zange gröſser ist als die Zahnwurzel, um die sich etwas Groſses bewegt, so überwiegt die Hand über die in der Zahnwurzel liegende Kraft. Es ist nämlich kein Unterschied zwischen dem Bewegen eines Gewichtes und dem Bewegen einer Kraft, die jenem Gewichte gleichkommt. Denn wenn wir die Hand schlieſsen, nachdem sie ausgebreitet war, so entsteht ein Widerstand, nicht wegen des Gewichtes der Hand, sondern wegen der Kraft mit der die Muskeln an einander haften.

---

1) LK الشى 2) BCL المعينين 3) Codd. هو 4) Codd. لانه 5) Codd. يكون مخل 6) KLC om. 7) Codd. زدنا 8) Codd. add. قد 9) Codd. القوة 10) Codd بعضه 11) K om. BC كلّما

الذى يجتذب الخشبة القصيرة فينال الخشبة الطويلة
بذاتها من طولها مثل الذى ينال القصيرة اذا شدّ فى
طرفها شيء ثقيل ⊙

ط لماذا صار قلع الاضراس يستعمل بالكلبتين دون
البد لانّه لا يمكنّا ان نضبط الضرس باليد كلّها لكن بجزء 5
منها وكما انّه قد يصعب علينا ان نشيل ثقلا ما باصبعين
فقط اكثر من صعوبته باليد كلّها كذلك ايضا يصعب علينا
ضبط الضرس[1] وكبسه باصبعين اكثر منه باليد كلّها لان
فى جميع المعتبيين[2] القوة واحدة وقسمة الكلبتين على
مسمارها هى[3] ايضا تصيّر اليد تقوى على الضرس لانّها[4] 10
*مخل تكون[5] اليد منه على الجزء الاعظم وبعد الكلبتين
هو يعين على حركة الضرس وذلك ان اصل الضرس هو
الشيء الذى يتحرّك عليه المخل فلان بعد الكلبتين يكون
اكثر من اصل الضرس الذى يتحرك عليه شيء كبير تقوى
اليد[6] على القوّة التى فى اصل الضرس لانّه لا يكون فصل 15
بين حركة ثقل وبين حركة قوّة تعادل ذلك الثقل فان
رددنا[7] اليد اذا كانت ممدودة[8] يكون صعب ليس
لثقل اليد لكن لقوّة[9] ارتباط العصب بعضها[10] ببعض ⊙

ى لماذا صارت الموازين اذا دوّرت تدويرا كانت
متقلة او خفيفة تحرّكت اسرع من حركتها الى احدى 20
الجهات التى تميلها لانّه اذا دوّرت كلّها[11] كان ثقلها

k. Warum lassen sich Wagen, mögen sie belastet sein oder nicht, schneller bewegen, wenn man sie (horizontal) dreht, als sie sich nach einer Seite bewegen, nach der man sie neigt?

Weil, wenn man sie dreht, ihr Gewicht nach allen 5 Richtungen hin ähnlich und gleichmäſsig gelegen bleibt, so daſs es sich deshalb um einen Mittelpunkt, nämlich seinen Aufhängepunkt dreht. Wenn wir aber die Wage nach einer von beiden Seiten ziehen, so heben wir eine Last, weil das Senken der einen Wagschale die andre in 10 die Höhe treibt, so daſs ihre Bewegung nicht natürlich ist, ich meine die Bewegung einer Last nach oben; denn die natürliche Bewegung ist leicht, nämlich die Anziehung eines Gewichtes nach unten. Deshalb ist es leichter Gewichte nach unten zu ziehen als nach oben zu heben. 15

l. Warum ist es leicht, aufgehängte Gewichte zu bewegen?

Weil die ganze Kraft der Gewichte von der Kraft, durch die sie aufgehängt wurden, überwogen wird. Weil ihnen also keine groſse Kraft geblieben ist, ist es leicht 20 sie zu stoſsen. Dasselbe zeigt sich auch bei der Wage; wenn sie aufgehängt ist und wir ziehen sie an, so bewegt sie sich sehr leicht.

m. Warum sind die Steine von beträchtlicher Gröſse, die sich an dem Ufer des Meeres finden, meistens rund? 25

Weil sie zuerst scharfkantig waren, durch die Bewegung des Meeres aber einer den andern anstöſst, so daſs sich die Kanten wegen ihrer Schwäche aneinander brechen.

n. Warum ist es desto schwerer, aufgehängte Lasten, 30 die man bewegen will, zu bewegen, je weiter man die Hand von ihnen entfernt, bis sie zu der festen Stütze gelangt, an welcher sie aufgehängt sind, oder derselben nahe kommt?

Weil, wenn wir sie an dem festen Ort, an dem sie 35 aufgehängt sind, bewegen wollen, dies uns sehr schwer fällt, und ganz unmöglich ist. Wenn sich aber die Hand

متشابها[1] متساويا[2] من الجهات كلّها فيكون لذلك
متحرّكا على مركز ومركزه علاقته فامّا اذا جذبنا الميزان
الى احدى الجهتين فانّا نرفع ثقلا ما لان ميل الكفّة الى
اسفل يقلّ الاخرى فتكون حركة* غير طبيعيّة اعنى حركة
ثقل الى ما يلى العلو فامّا الحركة الطبيعيّة[3] فانها سهلة وهى 5
جذب[4] الثقل الى اسفل فلذلك صار جذب الاثقال الى
اسفل اسهل من شيلها الى فوق ⊙

يا لماذا صارت حركة الاثقال المتعلّقة سهلة لان جميع
قوّة الاثقال[5] قد قويت عليها القوّة التى هى متعلّقة بها
فلانّه لم يبق لها كثير قوّة صار دفعها سهلا وكذلك ايضا 10
يعرض فى الميزان اذا كان متعلّقا وجذ بماه تحرّك اسهل ⊙

يب لماذا صارت الحجارة المتقدّرة العظم التى على
شطّ البحر تكون اكثر ذلك مستديرة لانها تكون اوّلا
ذات زوايا حادّة فبحركة البحر يضرب بعضها بعضا فتكسّر
زواياها لضعفها ⊙ 15

يج لماذا صارت الاثقال المتعلقة التى نريد ان
نحرّكها كلما بعدت اليد عنها حتى تصير الى الركن الثابت
الذى هى معلّقة عليه او قربت منه صعبت حركتها لانّا ان
التمسنا ان نحرّكها من الموضع الثابت الذى[6] هى

---

1) L متساويا 2) LK متساوى 3) B om. 4) BC تجذب
5) Codd. الثقل 6) KL التى

von der festen Stütze entfernt, so bewegt sich das Gewicht, aber mit Schwierigkeit, nämlich weil sie noch zu nahe dem Punkte ist, wo die Bewegung ganz aufhört. Je weiter sich aber der Bewegende von der festen Stütze entfernt, desto leichter fällt ihm das Bewegen. Denken wir uns z. B. die feste Stütze, an welcher die Last hängt, bei dem Punkte $\alpha$, und sei das Seil die Linie $\alpha\beta$. Ziehen wir nun die Linie $\alpha\gamma$ senkrecht zu $\alpha\beta$ und nehmen auf der Linie $\alpha\beta$ zwei beliebig fallende Punkte, $\delta$ und $\varepsilon$, an und ziehen das Seil im Punkte $\delta$, so brechen wir es, bis es die Gestalt von $\alpha\zeta\eta$ annimmt. Dann ist die Last bei $\eta$. Nun behaupte ich, daſs $\eta$ höher liegt als $\beta$. Beweis. Verlängern wir die Linie $\eta\zeta$ nach $\gamma$, so ist, da $\alpha\zeta\eta$ gröſser ist als $\gamma\zeta\eta$, der Punkt $\eta$ höher als der Punkt $\beta$.

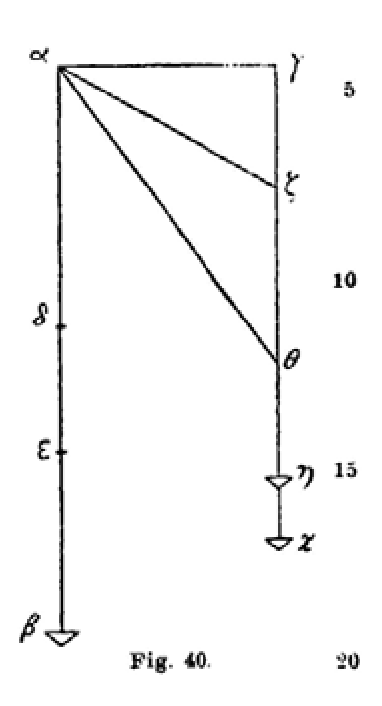


Fig. 40.

Habe ferner das im Punkt $\varepsilon$ anzuziehende Seil wieder eine zu $\alpha\gamma$ senkrechte Lage, so daſs sich die Last wieder an derselben Stelle befindet, nämlich wie $\alpha\beta$. Weil nun $\alpha\varepsilon$ gröſser als $\alpha\zeta$ ist, so wird $\varepsilon$ tiefer zu liegen kommen als $\zeta$, etwa bei $\vartheta$. Ziehen wir nun $\alpha\vartheta$, so wird $\alpha\beta$ nach $\alpha\vartheta\eta$ gebrochen. Ich behaupte nun, daſs das aufgehängte Gewicht tiefer kommt als $\eta$. Beweis. Weil $\alpha\zeta$ plus $\zeta\vartheta$ gröſser ist als $\alpha\vartheta$, so ist, wenn $\eta\vartheta$ beiderseits addiert wird, $\alpha\zeta$ plus $\zeta\eta$ d. i. $\alpha\beta$ gröſser als $(\alpha\vartheta + \vartheta\eta)$. Sei nun $(\alpha\vartheta + \vartheta\varkappa)$ gleich $\alpha\beta$, so kommt die Last nach $\varkappa$ und $\varkappa$ liegt tiefer als $\eta$. Wenn wir also die Last vom Punkte $\varepsilon$ aus ziehen, so kommt sie nach $\varkappa$; ziehen wir sie aber

1) KL om. 2) L بان BC فلان 3) B om. 4) Codd. add. يكون

معلّقة عليه صعب ذلك وكان غير ممكن بتّة فاذا تباعدت اليد عن الركن الثابت حرّكت الثقل لكن بصعوبة وذلك للقرب من بطلان الحركة بتّة وكلّما تباعد المحرّك من[1] الركن الثابت كانت الحركة عليه اسهل مثال ذلك ان نفرض الركن الثابت الذى الثقل معلّق عليه على علامة آ وليكن الحبل خطّ اب ولنخرج خطّ اج قائما على خطّ اب ولنعلّم على خطّ اب علامتين كيف ما وقعتا وهما علامتا د ه ولنجذب الحبل من علامة د فنكسره حتى يكون كهيئة ازح فيكون الثقل عند ح فاقول إنّ ح اكثر ارتفاعا من ب برهان ذلك أنّا نخرج خطّ حز الى ج ومن اجل أنّ ازح اعظم من جزح فإنّ[2] علامة ح اعلى من علامة ب وايضا فليكن الحبل الممتد من علامة ه له وضع قائم على جح فيكون الثقل فى موضع واحد اعنى يكون مثل اب ولكن من اجل ان اه اعظم من از يكون ه اكثر انحطاطا من ز كعلامة ط ونصل اط فيكون اط قد كسر كسرة اطح فاقول إنّ الثقل المعلق هو اكثر انحطاطا من ح بيان ذلك من اجل ان از زط اعظم من اط وخطّ حط مشترك فانّ از زح * اعنى اب[3] اعظم من اط طح فليكن جميع اط طك مساويا لخطّ اب فيكون الثقل عند ك و ك اكثر انحطاطا من ح فيكون اذا جذبنا الثقل من عند علامة ه[4] عند ك واذا جذبناه من علامة د يكون عند ح

vom Punkte $\delta$ aus, so gelangt sie nach $\eta$, so dafs die Last vom Punkte $\delta$ aus höher gehoben wird als vom Punkte $\varepsilon$ aus. Die Last aber, die nach einem höher gelegenen Punkte gehoben wird, strengt die Kraft mehr an, als die nach einem tiefer gelegenen Punkte gehobene, weil die zum hochgelegenen Punkt gehobene längere Zeit beansprucht.

o. Warum haben Gegenstände, die im Wasser treiben, eine gröfsere Geschwindigkeit, wenn sie nur auf einer Seite liegen?

Weil der Teil über Wasser sehr leicht ist, so dafs das ihn stützende Wasser auch nur wenig ist und der Wind, der ihn trifft, über das Wasser, das ihm bei seiner Bewegung Widerstand leistet, die Übermacht hat.

p. Warum lenkt das Steuerruder, trotzdem es sehr klein ist, grofse Schiffe ab?

Weil ein Mann, der läuft und den jemand nach irgend einer Seite zieht, sich schnell nach jener Seite wendet. Das Steuerruder aber stützt sich auf das Wasser, so dafs es die Übermacht über das Schiff hat.

q. Warum dringen Pfeile in Panzer und Harnische ein, aber nicht in ausgebreitete Leinwand?

Weil die Waffe, wenn sie einen Gegenstand trifft, der ihr nachgiebt und ihr keinen Widerstand entgegensetzt, keine grofse Wirkung ausübt, da die Schnelligkeit und die Gröfse der Kraft sich bei dem Auftreffen auf den nachgiebigen und nicht widerstandsfähigen Gegenstand zerteilen. Wenn aber etwas Hartes auf etwas gleich Hartes trifft und ihm einen Schlag versetzt, so giebt der harte Gegenstand nicht nach und leistet Widerstand, so dafs von der Kraft nichts zersplittert, sondern der Anprall darauf ein starker ist. Aus demselben Grunde trifft auch diejenigen, die sich aus grofser Entfernung ins Wasser stürzen, kein Schade.

---

1) B om. 2) BCL هدوءا 3) Codd. الغير مانع
4) LK إلى

فيكون الثقل يرتفع من علامة دَ اكثر من ارتفاعه من علامة
هَ والثقل الذى يرتفع الى مكان اكثر ارتفاعا يتعب القوّة
اكثر من الذى يرتفع الى مكان اقلّ ارتفاعا لأنّ الذى يرتفع
الى مكان كثير الارتفاع يحتاج الى زمان اطول ⊙

يد لما صارت الاشياء التى تسير فى الماء اذا كانت 5
على حائط واحد تكثر سرعة حركتها لانّ الذى يكون
معها على الماء يكون يسيرا جدّا فيكون الذى يدعمه
الماء ايضا يسيرا والذى* ينالة من الريح يقوى على ذلك
الماء الذى(1 يضاده عند حركته ⊙

يَهَ لماذا صار السكّان وهو صغير جدّا يردّ سفنا عظاما 10
لانّه اذا كان انسان يعدو(2 فاجتذبه احد الى اىّ
جهة كانت فانّه يميل الى تلك الجهة سريعا والسكان
يدعمه الماء فيقوى على السفينة ⊙

يوَ لماذا صارت الاسهم تتغرّس فى الدروع والجواشن
ولا تتغرس فى الشراعات المنشورة لان الحمية اذا صارت 15
الى الشى الذى يجيبها ولا يمانعها لم يفعل فعلا شديدا
لأن سرعة الحركة وعظم القوّة تتفرّق عند ملاقاة الشىء
المجيب غير المانع(3 فامّا الشىء الصلب اذا لاقى الصلب
مثله فضربه لم يجبه الشىء الصلب وقاومه فلم يتفرّق من
قوّته شىء فتكون ضربته عليه جدّا ولهذه العلّة صار الذين 20
يلقون انفسهم من بعد طويل فى(4 الماء لا ينالهم ضرر ⊙

r. Warum bewegen sich Flüſsigkeiten, die doch ihrer Natur nach schwer sind, mit Leichtigkeit schnell? Wir sehen nämlich, daſs ein einzelner Mann tausend Kist Wasser auf einmal bewegt.

Weil das Wasser ein zusammenhängender Gegenstand 5 ist, dessen Teile sich aber schnell trennen lassen. Deshalb hat es auch keine Festigkeit in sich selbst, sondern es flieſst nach unten. Daher kommt es, daſs wir nur einen kleinen Teil desselben bewegen, und die übrigen Teile sich nach dem Orte neigen, nach welchem der geringe 10 Teil desselben gebracht wurde.

**35** Nun haben wir noch einige Dinge auseinanderzusetzen, deren wir bei Zug und Druck bedürfen, aber nicht von der Art der im vorigen Buche erwähnten, sondern von gröſserer Wichtigkeit als jene, Dinge, die schon Archimedes 15 und Andre erläutert haben.

Zuerst nun wollen wir zeigen, wie man den Schwerpunkt eines gleichmäſsig dicken und schweren Dreiecks findet. Sei das bekannte Dreieck das Dreieck $\alpha\beta\gamma$, und

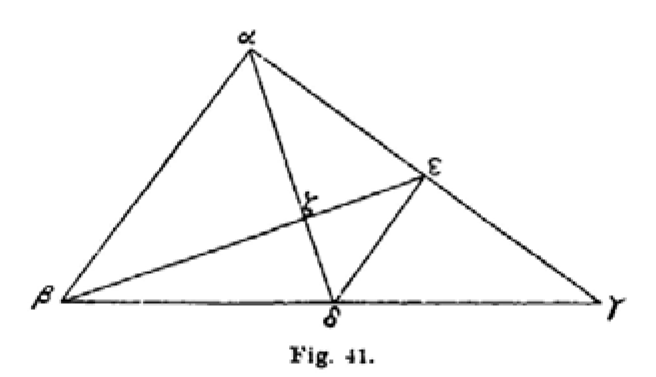



Fig. 41.

teilen wir die Linie $\beta\gamma$ im Punkte $\delta$ in zwei Hälften 20 und verbinden die beiden Punkte $\alpha$, $\delta$. Wenn wir nun das Dreieck auf die Linie $\alpha\delta$ legen, so neigt es sich nach keiner Seite, weil die beiden Dreiecke $\alpha\beta\delta$ und $\alpha\delta\gamma$ gleich sind. Wenn wir ferner die Linie $\alpha\gamma$ im Punkte $\varepsilon$ teilen, und die beiden Punkte $\beta$, $\varepsilon$ verbinden, dann das 25 Dreieck auf die Linie $\beta\varepsilon$ legen, so neigt es sich nach

ير لماذا صارت الرطوبات وهى فى طبائعها ثقيلة
تتحرّك سريعا بسهولة فانّا قد نرى الرجل الواحد يحرك
الف قسط من ماء فى مرة واحدة لأنّ الماء متّصل
واجزاؤه سريعة التفرّق فانّه ليس كمثل الحجارة والخشب
مكتنزًا تصعب تجزئته لكنّه سهل التفريق ولذلك صار ليس 5
له ثبات فى نفسه بل هو سيّال الى اسفل فيعرض من ذلك
انّا نحرّك منه الجزء اليسير فتميل* سائر اجزائه[1] الى
ذلك الموضع الذى انتقل منه جزؤه اليسير ⊙

[٣٥] وقد يجب ان نبيّن ايضا اشياء نحتاج اليها
فى الجذب والكبس ليست كالتى[2] ذكرنا فى المقالة التى 10
قبل هذه ولكن اشياء أخر اشدّ احكاما من تلك قد
اوضحها ارشميدس وغيره وأوّل ذلك نخبّر كيف نستخرج
مركز ثقل مثلّث متساوى الثخن والثقل فليكن المثلّث
المعلوم مثلّث ابج ونقسم خطّ بج بنصفين على علامة د
ولنصل علامتى اد فان اقمنا المثلّث على خط اد لم يمل 15
الى جهة من الجهات لان مثلثى ابد ادج متساويان
وايضا إن[3] قسمنا خطّ اج على علامة ه ووصلنا علامتى
به فان اقمنا المثلّث ايضا على خطّ به لم يمل الى جهة
من الجهات فاذ كان المثلّث اذا اقيم على كل واحد من
خطّى اد به يعتدل اجزاؤه ولا يميل الى جهة من الجهات 20

1) B om. 2) BCL ليس كالذى 3) BCL om.

keiner Seite. Da nun das Dreieck, auf jede von den beiden Linien $\alpha\delta$ und $\beta\varepsilon$ gelegt, sich in seinen Teilen im Gleichgewicht befindet, und sich nach keiner Seite neigt, so ist der gemeinsame Schnittpunkt der Mittelpunkt dieses Gewichtes, nämlich der Punkt $\zeta$. Den Punkt $\zeta$ 5 müssen wir uns aber in der Mitte der Dicke des Dreiecks $\alpha\beta\gamma$ denken. Nun ergiebt sich uns, wenn wir die beiden Punkte $\alpha, \delta$ verbinden, und die Linie $\alpha\delta$ im Punkte $\zeta$ so in zwei Teile teilen, dafs der eine, nämlich $\alpha\zeta$, das Doppelte von $\delta\zeta$ ist, dafs der Punkt $\zeta$ der Schwerpunkt 10 ist; denn wenn wir die beiden Punkte $\delta, \varepsilon$ verbinden, so ist die Linie $\alpha\beta$ der Linie $\delta\varepsilon$ parallel, da die beiden Linien $\alpha\gamma$ und $\beta\gamma$ in den Punkten $\delta$ und $\varepsilon$ halbiert wurden. Dann verhält sich $\alpha\gamma$ zu $\gamma\varepsilon$ wie $\alpha\beta$ zu $\varepsilon\delta$; $\alpha\gamma$ ist aber das Doppelte von $\gamma\varepsilon$; folglich ist $\alpha\beta$ das Doppelte von 15 $\varepsilon\delta$. Ferner verhält sich $\alpha\beta$ zu $\varepsilon\delta$ wie $\alpha\zeta$ zu $\delta\zeta$, folglich ist $\alpha\zeta$ das Doppelte von $\zeta\delta$; weil die beiden Figuren $\alpha\beta\zeta$ und $\delta\zeta\varepsilon$ in ihren Winkeln einander gleich sind.

36 Wir wollen dasselbe für das Viereck finden. Es sei 20 also das gegebene Viereck $\alpha\beta\gamma\delta$. Ziehen wir $\beta\delta$ und halbieren es im 25 Punkte $\varepsilon$, verbinden je die beiden Punkte $\alpha, \varepsilon$ und $\varepsilon, \gamma$ und teilen die Verbindungslinien in 30 den Punkten $\zeta$, $\eta$, sodafs $\alpha\zeta$ das Doppelte von $\zeta\varepsilon$, und $\gamma\eta$ das Doppelte von $\eta\varepsilon$ ist, so liegt der Schwerpunkt des Dreiecks $\alpha\beta\delta$ 35 in $\zeta$, und der Schwerpunkt des Dreiecks $\beta\delta\gamma$ im Punkte $\eta$, und wir finden keinen Unterschied, wenn wir uns das

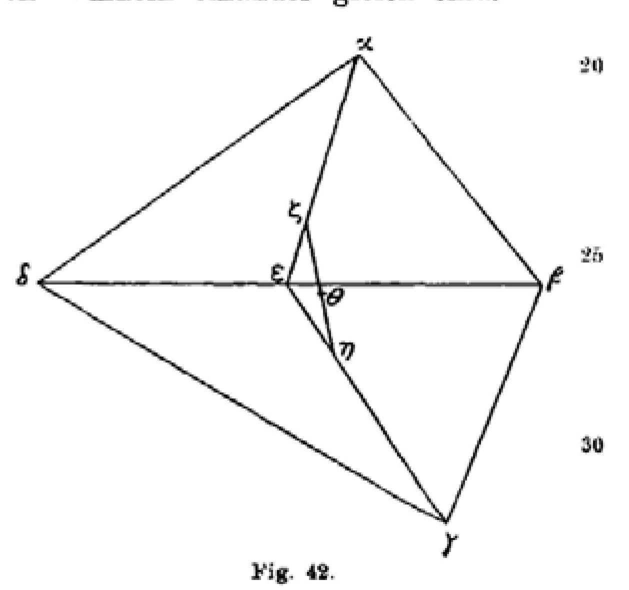


Fig. 42.

فان علامة تقاطعهما المشتركة لهما[1] هي مركز ذلك الثقل وهي علامة ز وقد ينبغي ان نتوهم علامة ز في وسط ثخن مثلث ابج فيظهر لنا انّا اذا وصلنا علامتي اد وقسمنا خطّ اد على علامة ز بقسمين يكون احدهما الذي هو از ضعف زد فان علامة ز تكون مركز الثقل لانا ان وصلنا 5 علامتي ده يكون خطّ اب موازيا لخطّ ده لانّ خطّي اج بج قد قسما على علامتي د ه فاذًا خطّ اج عند جه مثل اب عند هد وخطّ اج ضعف خطّ جه فاذا خطّ اب ضعف هد وخطّ اب عند هد كخطّ از عند دز فاذًا خطّ از ضعف زد من اجل ان شكلي ابز و دزه متساويي[2] 10 الزوايا ⊙

[٣٦] نريد ان نستخرج ذلك ايضا في المربّع فليكن المربّع المعلوم مربّع ابجد ولنصل بد ونفصله بنصفين[3] على علامة ه ولنصل خطّي[4] اه هج ونقسمهما على علامتي ز ح قسمة يكون از ضعف زه و حج ضعف حه فيكون مركز 15 مثلّث[5] ابد على علامة ز ومركز مثلّث بدج على علامة ح فليس نجد اختلافا في توهّمنا انّ ثقل مثلّث ابد كلّه عند علامة ز وايضا ثقل مثلّث بجد عند علامة ح فقد صار خطّ زح ميزانا في طرفيه هذان العظمان فان فصلنا

---

1) LK انما 2) Codd. متساوية 3) K بقسمين 4) Codd. علامتي 5) KL ثقل

ganze Gewicht des Dreiecks $\alpha\beta\delta$ im Punkte $\zeta$ und ebenso das Gewicht des Dreiecks $\beta\gamma\delta$ im Punkte $\eta$ denken. So ist also die Linie $\zeta\eta$ eine Wage, an deren Enden sich diese beiden Gröſsen befinden. Wenn wir nun die Linie $\zeta\eta$ im Punkte $\vartheta$ so teilen, daſs sich $\vartheta\eta$ zu $\zeta\vartheta$ verhält, 5 wie die Last $\zeta$, d. i. das Gewicht des Dreiecks $\alpha\beta\delta$, zur Last $\eta$, d. i. dem Gewichte des Dreiecks $\beta\delta\gamma$, so ist der Punkt $\vartheta$, in welchem sich die beiden Lasten das Gleichgewicht halten, der Schwerpunkt dieses Vierecks.

**37** Wir wollen dasselbe für das Fünfeck $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$ beweisen. 10 Ziehen wir $\beta\varepsilon$ und bestimmen den Schwerpunkt des Dreiecks $\alpha\beta\varepsilon$; er falle in den Punkt $\zeta$; der Schwerpunkt des Vierecks $\beta\gamma\delta\varepsilon$ sei im 15 Punkte $\eta$. Verbinden wir die beiden Punkte $\zeta$ und $\eta$, und teilen die Linie $\zeta\eta$ so in zwei Teile, daſs sich $\eta\vartheta$ zu 20 $\vartheta\zeta$ verhält wie das Gewicht des Dreiecks $\alpha\beta\varepsilon$ zum Gewicht des Vierecks $\beta\gamma\delta\varepsilon$, so ist der Punkt $\vartheta$ der 25 Schwerpunkt der Figur $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$. Auf dieselbe Weise müssen wir es uns bei allen Vielecken vorstellen.

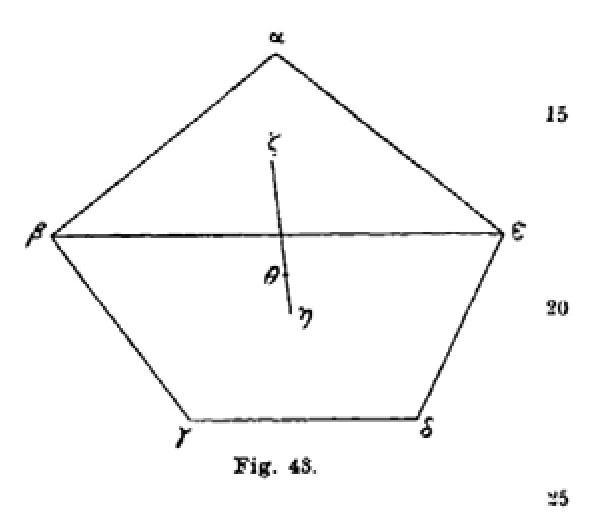


Fig. 43.

**38** Wenn $\alpha\beta\gamma$ ein gleichmäſsig dickes und schweres Dreieck ist, und sich unter den Punkten $\alpha\beta\gamma$ Stützen in gleicher Lage befinden, so wollen wir zeigen, wie man den Betrag 30 des Gewichtes findet, den jede derselben von dem Dreieck $\alpha\beta\gamma$ trägt. Halbieren wir $\beta\gamma$ im Punkte $\delta$ und verbinden wir die beiden Punkte $\alpha$ und $\delta$, teilen die Linie $\alpha\delta$ im Punkte $\varepsilon$ so, daſs der Teil $\alpha\varepsilon$ das Doppelte von $\varepsilon\delta$ ist, so ist der Punkt $\varepsilon$ der Punkt des ganzen Gewichtes des 35 Dreiecks. Nun müssen wir es auf die Stützen verteilen. Wenn wir uns aber die Linie $\alpha\delta$ in Gleichgewichtslage

خطّ زح على علامة ط فصلا يكون* طح عند زط[1] كثقل ز الذى هو ثقل مثلّث ابد عند ثقل ح الذى هو ثقل مثلّث بدج تكون علامة ط التى[2] يتعادل عليها الثقلان مركز ذلك المربّع[3] ⊙

[٣٧] نريد ان نبين ذلك فى مخمّس[4] ابجده 5 فلنصل به ونخرج مركز ثقل مثلّث ابه وليقع على علامة ز وليكن مركز ثقل مربّع بجده على علامة ح ولنصل علامتى زح ونقسم خطّ زح بقسمين يكون قسم حط عند طز كثقل مثلّث ابه عند ثقل مربّع بجده فتكون علامة ط مركز ثقل شكل ابجده وكذلك ينبغى ان نتوهّم فى كلّ 10 شكل كثير الاضلاع ⊙

[٣٨] نريد ان نبيّن اذا كان مثلّث ابج متساوى[5] الثخن والثقل وكانت قوائم تحت علامات ابج متساوية الوضع كيف نستخرج كميّة الثقل الذى تحتمل كلّ واحدة منها من مثلث ابج فنفصل[6] خطّ بج بنصفين* على 15 علامة د[7] ونصل علامتى اد ونقسم خطّ اد بقسمين على علامة ه قسمة يكون قسم اه ضعف هد فتكون علامة ه مركز جميع ثقل المثلث فينبغى ان نقسمه على القوائم

---

1) Codd. زط عند طح 2) Codd. الذى 3) KL الموضع 4) B add. فليكن مخمّس 5) L add. فى 6) LK نفصل 7) B om.

denken, wenn sie im Punkte $\varepsilon$ aufgehängt ist, so ist die Last bei $\delta$ das Doppelte derjenigen bei $\alpha$, weil die Linie $\alpha\varepsilon$ das Doppelte der Linie $\delta\varepsilon$ ist. Und wenn wir uns das Gewicht bei $\delta$ auf die beiden Punkte $\beta$, $\gamma$ verteilt denken, und die Linie $\beta\gamma$ im Gleichgewicht ist, so ruht in jedem der beiden Punkte $\beta$, $\gamma$ die Hälfte des Gewichtes, das bei $\delta$ ist, weil die beiden Linien $\beta\delta$ und $\delta\gamma$ einander gleich sind. Das Gewicht bei $\delta$ war aber das Doppelte des Gewichtes bei $\alpha$; folglich sind die Lasten bei den Punkten $\alpha, \beta, \gamma$ einander gleich, und daher tragen die Stützen gleiche Gewichte.

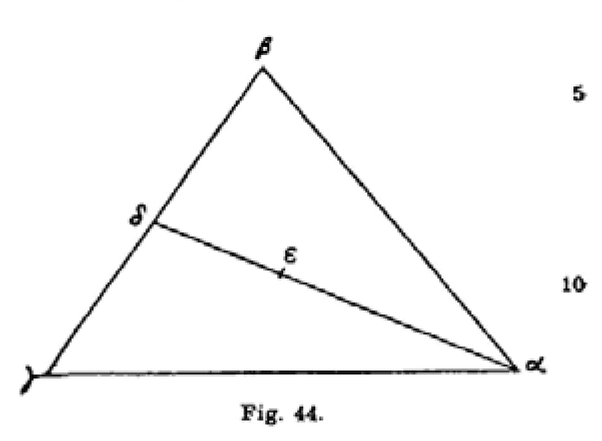


Fig. 44.

**39** Sei weiter das Dreieck $\alpha\beta\gamma$ gleichmäſsig schwer und dick, auf Stützen von gleicher Lage, und sei im Punkte $\varepsilon$ irgend ein Gewicht aufgelegt oder aufgehängt, und zwar möge der Punkt $\varepsilon$ eine ganz beliebige Lage haben, so wollen wir finden, wieviel von dem Gewichte $\varepsilon$ eine jede der Stützen trägt. Ziehen wir $\alpha\varepsilon$ und verlängern es nach $\delta$, teilen das Gewicht in $\varepsilon$ so, daſs, wenn das Dreieck auf der Linie $\alpha\beta$ im Gleichgewicht liegt, sich die Last bei $\delta$ zur Last bei $\alpha$ verhält, wie die Linie $\alpha\varepsilon$ zur Linie $\varepsilon\delta$. Teilen wir ferner das Gewicht bei $\delta$ so, daſs $\beta\gamma$, wenn es aufgehängt wird, sich in Gleichgewichtslage befindet, so verhält sich das Gewicht von $\gamma$ zum Gewichte von $\beta$ wie die Linie $\beta\delta$ zur Linie $\gamma\delta$. Das Gewicht bei $\delta$ ist bestimmt; folglich sind die beiden Gewichte $\gamma, \beta$ bestimmt. Das Gewicht bei $\alpha$ ist aber gleichfalls bestimmt; folglich sind die Gewichte, die auf den Stützen ruhen, bestimmt.

**40** Wenn ein Dreieck $\alpha\beta\gamma$ gegeben ist und an den Punkten $\alpha, \beta, \gamma$ bekannte Gewichte hängen, so wollen wir im Innern

ولكنّا إن توهّمنا خطّ اد معتدل الميل عند تعلّقه على
علامة ه يكون الثقل الذى عند د ضعف الثقل الذى
عند ا لأنّ خطّ اه ضعف خطّ هد فان توهّمنا الثقل
الذى عند د مقسما على علامتى بج وكان خطّ بج
معتدلا يكون عند كلّ واحدة من علامتى بج نصف
الثقل الذى عند د لأنّ خطّى بد دج متساويان وقد كان
الثقل الذى عند د* ضعف الثقل الذى عند ا(1 فاذًا
الاثقال التى عند علامات ابج متساوية فاذًا القوائم
تحمل اثقالا متساوية ⊙

[٣٩] وايضا فليكن مثلث ابج متساوى الثقل والثخن
على قوائم متساوية الوضع وليكن على علامة ه(2 ثقل ما
موضوعا او معلّقا ولتكن علامة ه(2 واقعة حيثما وقعت
فنريد ان نستخرج كم تحتمل كلّ واحدة من القوائم من
ثقل ه فلنصل اه ونخرجه الى د ونقسم الثقل الذى عند
ه بقسمين يكون اذا قوّم المثلّث على خطّ اد يعتدل
*فيكون الثقل الذى عند د* عند الثقل الذى عند ا مثل
خطّ اه عند خطّ هد ولنقسم الثقل الذى عند د(3
قسمة يكون اذا علّق بج يعتدل فيكون ثقل ج عند
ثقل ب مثل خطّ بد عند خطّ دج والثقل الذى عند

1) LC om. K add. نصف الثقل الذى عند د    2) BCL om.    3) B om.

des Dreiecks einen solchen Punkt finden, daſs das Dreieck, wenn es in demselben aufgehängt wird, sich im Gleichgewicht befindet. Wir teilen die Linie $\alpha\beta$ im Punkte $\delta$ so, daſs sich $\beta\delta$ zu $\alpha\delta$ verhält, wie das Gewicht bei $\alpha$ zum Gewicht bei $\beta$. Dann ist der Punkt für das Gesamtgewicht der beiden Lasten im Punkte $\delta$. Verbinden wir nun die beiden Punkte $\delta$ und $\gamma$ durch die Linie $\delta\gamma$ und teilen sie im Punkte $\varepsilon$ so, daſs sich $\gamma\varepsilon$ zu $\varepsilon\delta$ verhält, wie das Gewicht von $\delta$ zum Gewichte von $\gamma$, so ist der Punkt $\varepsilon$ der Punkt für das Gesamtgewicht aller und daher der Aufhängepunkt.

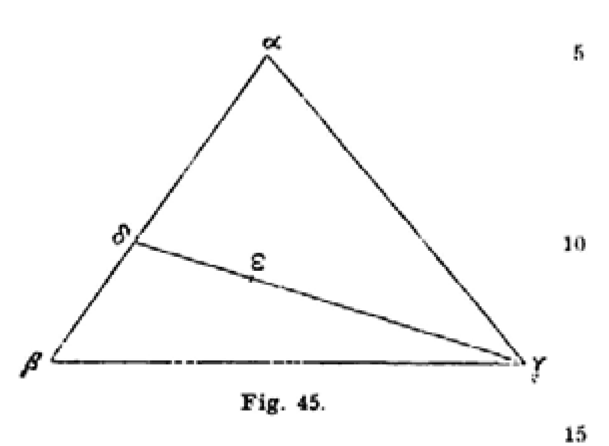


Fig. 45.

**41** Wir wollen dasselbe für ein Vieleck zeigen. Sei die Figur $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$ ein Vieleck. Hängen wir an den Punkten $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon$ bekannte Gewichte auf und teilen die Linie $\alpha\beta$ im Punkte $\zeta$ so, daſs sich die Linie $\beta\zeta$ zu $\zeta\alpha$ verhält, wie das Gewicht $\alpha$ zum Gewichte $\beta$, so ist der Punkt $\zeta$ der Schwerpunkt für die beiden Gewichte bei $\alpha$ und $\beta$. Teilen wir auch die Linie $\delta\varepsilon$ im Punkte $\eta$ so, daſs sich die Strecke $\delta\eta$ zu $\eta\varepsilon$ verhält, wie die Last $\varepsilon$ zur Last $\delta$, so

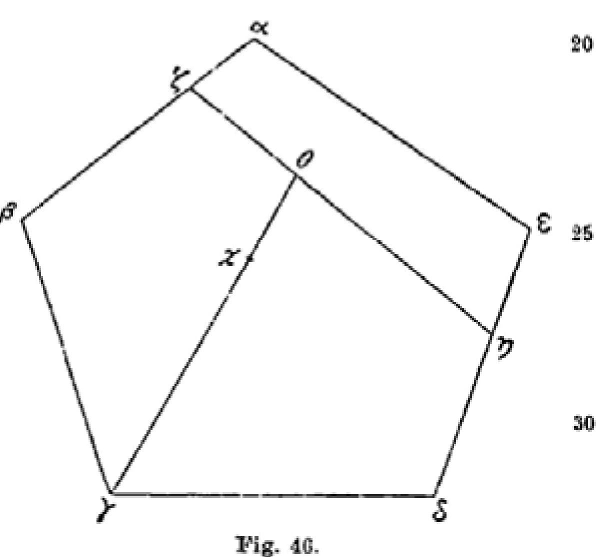


Fig. 46.

د ملفوظ فاذا[1] الثقلان اللذان عند ب ج ملفوظان ولكن الثقل الذى عند ا ملفوظ فاذا الاثقال التى على القوائم ملفوظة ⊙

[٤٠] نريد ان نستخرج اذا كان مثلث ا ب ج وكانت اثقال ما معلومة معلقة[2] على علامات ا ب ج علامةً فى داخل المثلث اذا علق بها المثلث يعتدل نقسم خط ا ب على علامة د قسمة يكون خط ب د عند د ا كالثقل الذى عند ا الى الثقل الذى عند ب فيكون مركز الثقل المجتمع من الثقلين على علامة د فلنصل علامتى د ج بخط د ج ونقسمه على علامة ه قسمة يكون خط ج ه عند ه د مثل ثقل د عند ثقل ج فتكون علامة ه مركز الثقل المجتمع من الجميع فاذا هى علامة العلاقة ⊙

[٤١] نريد ان نبين ذلك فى شكل كثير الاضلاع فليكن شكل ا ب ج د ه كثير الاضلاع ولنعلق على علامات ا ب ج د ه اثقالا معلومة ونقسم خط ا ب على علامة ز قسمة يكون خط ب ز عند ز ا مثل ثقل ا عند ثقل ب فتكون علامة ز مركز الثقلين اللذين عند ا ب ولنقسم ايضا خط د ه على علامة ح قسمة يكون خط د ح عند خط ح ه مثل ثقل ه عند ثقل د فتكون علامة ح مركز الثقل المجتمع

1) Codd. فاذ 2) LC om.

ist der Punkt $\eta$ der Punkt für das Gesamtgewicht der beiden Punkte $\varepsilon$, $\delta$. Ziehen wir nun $\zeta\eta$ und teilen es im Punkte $\vartheta$ so, daſs sich $(\alpha + \beta)$ zu $(\delta + \varepsilon)$ verhält, wie $\eta\vartheta$ zu $\vartheta\zeta$, so ist der Punkt $\vartheta$ der Punkt für das Gesamtgewicht von $\alpha\beta\delta\varepsilon$. Verbinden wir noch die beiden 5 Punkte $\gamma$, $\vartheta$ durch die Linie $\gamma\vartheta$ und teilen sie im Punkte $\varkappa$ so, daſs sich $\gamma\varkappa$ zu $\varkappa\vartheta$ verhält, wie das Gesamtgewicht von $\alpha\beta\delta\varepsilon$ zum Gewichte von $\gamma$, so ist der Punkt $\varkappa$ der Punkt für das aus allen zusammengesetzte Gewicht.

Ende des zweiten Buches des Heron über das Heben 10 schwerer Gegenstände.

من علامتى ه‍ د ونصل ز ح ونقسمه على علامة ط قسمة يكون جميع اب عند جميع د ه مثل ح ط عند ط ز فتكون علامة ط مركز الثقل المجتمع من علامات اب د ه ولنصل علامتى ج ط بخطّ ج ط ونقسمه على علامة ل قسمة يكون خطّ ج ل عند ل ط كثقل اب د ه عند ثقل ج فاذًا 5 علامة ل مركز الثقل المؤلّف من الجميع ⊙

تمّت المقالة الثانية من كتاب ايرن
في رفع الاشياء الثقيلة ⊙

# DIE MECHANIK
# DES HERON VON ALEXANDRIA.

## DRITTES BUCH.

1 In dem vorhergehenden Buche haben wir über die fünf Potenzen gesprochen, und die Ursachen auseinander- 5 gesetzt, nach welchen sich grofse Lasten mittels kleiner Kräfte bewegen lassen, und haben darüber, nach unserm Dafürhalten, ausführlicher gehandelt als unsere Vorgänger; auch haben wir den Grund dargelegt, weshalb bei Werkzeugen von grofser Kraft eine Verzögerung eintritt, und 10 haben andre Dinge klar behandelt, welche den Studierenden, wo es sich um Neigung und Druck handelt, von grofsem Nutzen sind, Dinge, mit denen sich die Studierenden begnügen können.

In diesem Buche werden wir Maschinen beschreiben, 15 die nützlich sind, um das zu erleichtern, dessen Vorhandensein und Gebrauch bereits gezeigt wurde, und die ebenfalls für die Bewegung schwerer Körper förderlich sind. Aufserdem werden wir Werkzeuge konstruieren, durch die wir Nutzen haben beim Pressen, weil auch diese beim Ge- 20 brauche eine grofse Kraft verlangen.

Lasten, die auf dem Erdboden gezogen werden, werden es auf „Kröten". Die „Kröte" ist ein fester Körper, der aus einem viereckigen Holz, dessen Enden abgerundet sind, verfertigt ist. Auf diese Kröten legt man die Lasten und 25 befestigt an ihren Enden Seile oder sonst etwas zum Ziehen Dienendes, womit man die Kröten fortbewegt. Diese Seile

## المقالة الثالثة من كتاب ايرن

## فى رفع الاشياء الثقيلة

[١] امّا فى المقالة التى قبل هذه فقد قلنا فى
الخمس قوى وبيّنّا العلل التى تحرّك[1] بها الاثقال العظيمة
بقوّة يسيرة واثبتنا فى ذلك فيما نظنّ اكثر ممن كان قبلنا 5
وبيّنّا العلّة[2] لم صار يتبع الآلات العظيمة القوّة الابطاء وبيّنّا
اشياء أخر ينتفع بها المتعلّمون فى الميل[3] والكبس فيها
كفاية للمتعلمين فامّا فى هذه المقالة فانا نكتب حيلا ننتفع
بها فى تسهيل ما تقدّم وجوده واستعماله[4] تعين ايضا على
حركة الاجسام الثقيلة وايضا نعمل آلات[5] ننتفع بها فى 10
العصر لان هذه ايضا تحتاج الى قوّة عظيمة فى استعمالها ⊙
أما الاشياء التى تجرّ على الارض فانها تجرّ على اللجآت[6]
واللجأة هى[7] جسم ثابت معمول من خشب مربع اطرافه

---

1) K يحول 2) K add. فى 3) BCL الحيل 4) LK استعماله 5) BCL الآلات 6) B اللجايات et لجابات C لجاباى L الحابات et اللحابات K لحاتات 7) BCL وهى

werden entweder mit den Händen gezogen, oder mit sonstigen Werkzeugen. Wenn nun die Seile angezogen werden, so gleiten die Kröten auf der Erde. Unter den Kröten bringt man dünne Hölzer oder auch Platten an, damit sich die Kröten auf denselben bewegen. Wenn die Last leicht ist, mufs man runde Hölzer anwenden, wenn sie aber schwer ist, Platten, weil sich dieselben nicht schnell bewegen lassen. Denn wenn die Walzen unter der Last rollen, werden sie unter derselben zerquetscht, wegen der starken Geschwindigkeit ihrer Bewegung. Manche Leute wenden weder Platten noch Walzen an, sondern machen an die Enden der Kröten harte Rollen, auf denen sie sich bewegen.

**2** Um schwere Gegenstände in die Höhe zu heben, hat man Maschinen nötig; einige von diesen haben eine Stütze, andre zwei, wieder andre drei und manche haben vier Stützen. Diejenige mit einer Stütze hat folgendes Aussehen. Wir nehmen einen langen Balken von gröfserer Höhe als die Entfernung, zu welcher wir die Last heben wollen. Wenn auch dieser Balken in sich selbst fest ist, so nehmen wir doch ein Seil, binden es daran fest und schlingen es in gleichen Abständen darum; die zwischen den einzelnen Windungen gemessene senkrechte Linie sei vier Handbreiten. So wird die Kraft des Holzes erhöht und die darum befindlichen Seilwindungen sind wie eine Treppe für jemand, der oben an dem Balken etwas zu thun hat, wodurch die Arbeit erleichtert wird.

Wenn aber jener Balken nicht stark genug in sich selbst ist, so müssen wir den Betrag der Last, die wir heben wollen, berücksichtigen, damit nicht die Kraft der Last gröfser werde, als die Kraft jener Stütze. Wir stellen also die Stütze lotrecht auf ein Holz, in welchem sie sich bewegen kann, und binden oben an diese Stütze drei oder vier Seile, ziehen sie nach soliden, festen Stützpunkten und befestigen sie daran. Dann bringen wir an dem Ende

---

1) BCL أجسم 2) Codd. الحبل 3) K قدره

مفروضة فهذه اللجآت تصيّر عليها الاثقال وتشدّ فى اطرافها
حبال او شىء آخر ممدود تجرّ اللجآت به وهذه القلوس
إمّا ان تمدّ بالايدى وإما باجسام[1] اخر واذا مدّت
القلوس سارت اللجآت على الارض وقد يصيّر تحت اللجآت
خشب مستدير دقيق او الاواح لتتحرّك اللجآت عليها فان 5
كان الحمل صغيرا فانّه ينبغى ان نستعمل الخشب
المستدير وان كان الثقل عظيما فينبغى ان نستعمل الالواح
لانها لا تتحرّك سريعا وذلك انّ الخشب المستدير اذا
تدحرج تحت الحمل يندقّ تحت الحمل لشدّة سرعة
حركته وقوم لا يستعملون ألواحا ولا خشبا مستديرا ولكنهم 10
صيّروا فى اطراف اللجآت فلكا صلبة تتحرّك عليها ⊙

[٢] وقد نحتاج فى رفع الاشياء الثقيلة الى العلو
الى حيل ما فمنها ما هو ذو قائمة واحدة ومنها ما هو ذو
قائمتين ومنها ما هو ذو ثلث ومنها ما هو ذو اربع قوائم
أما التى هى ذات قائمة واحدة فانّها تكون على هذه 15
الجهة ناخذ خشبة طويلة لها ارتفاع اعظم من البعد الذى
نريد ان نرفع الثقل اليه فان كان هذا العود فى نفسه
صلبا ناخذ قلسا فنشدّه عليه ونلفّه على بعد متساو وليكن
الخطّ[2] القائم الذى بين كلّ لفّة قدر[3] اربعة اشبار فتزداد
قوّة العود ويكون التفاف القلس عليه كدرج لمن يريد 20
يعمل شيئا ما فى اعلى العود وتكثر به سهولة العمل فان

der Stütze Rollen an, die mit Stricken darangebunden werden, und befestigen die Seile der Rollen an der Last, die wir heben wollen. Hierauf ziehen wir die Seile an, entweder mit den Händen, oder mit sonst einem Werkzeug, und die Last hebt sich alsdann. Wenn man nun einen 5

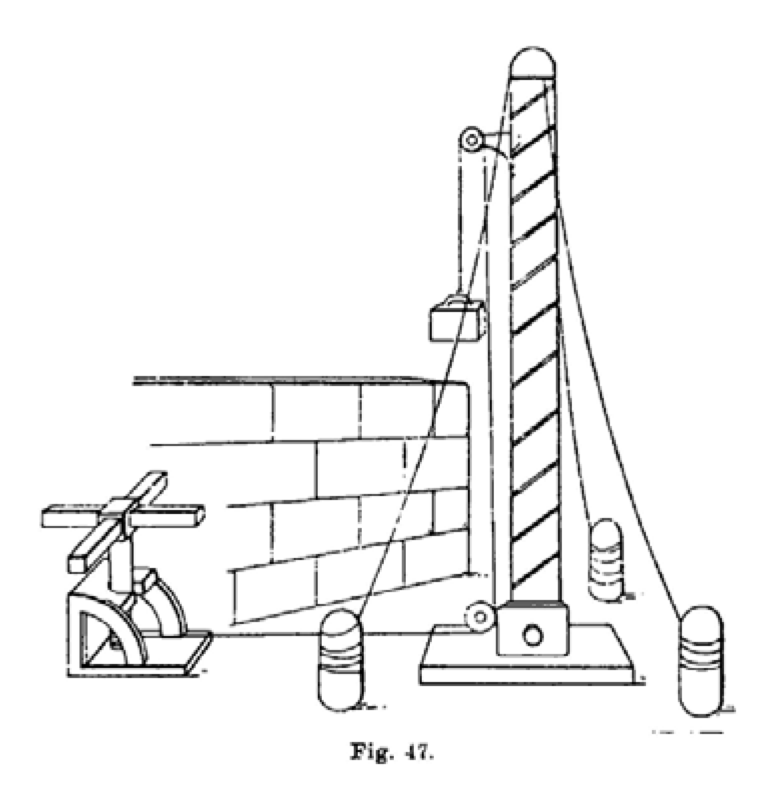


Fig. 47.

Stein auf eine Mauer oder an einen beliebigen Ort bringen will, so löst man das Seil an einem der festen Stützpunkte, welche den Stützbalken, an dem die Rollen befestigt sind, halten, und zwar auf der entgegengesetzten Seite als die, nach welcher man den Stein bringen will, 10 und der Balken neigt sich nach jener Seite; dann läſst man das Seil an der Rolle langsam herab bis zu dem Orte, wo man den Stein einsetzen will. Wenn man aber den Stützbalken, an welchem die Rolle befestigt ist, nicht soviel neigen kann, um die gehobene Last an den be- 15 absichtigten Ort gelangen zu lassen, so bringen wir Walzen

لم يكن ذلك العود فى نفسه صلبا فينبغى ان ننظر فى
قدر الثقل الذى نريد ان نرفعه لان لا تكون قوّة الثقل
اعظم من قوّة تلك القائمة * فنقيم تلك القائمة[1] مستوية
على خشبة تكون مضطربة فيها ونربط فى اعلى ذلك الركن
ثلاثة[2] حبال او اربعة ونشدّها الى اركان ثابتة شديدة 5
الثبات فنشدّ الحبال عليها ثم نصيّر فى طرف هذا الركن
بكرا تشدّ اليه[3] بحبل ونربط القلوس التى فى البكر
بالحمل الذى نريد ان نقلّه ثم نمدّ[4] القلوس إمّا بالايدى
وإما بآلة اخرى فاذا تعالى الحمل * وان احتجت[5] ان
تصيّر الحجر على حائط او على اىّ موضع اردت تحلّ 10
الحبل الذى فى احد الاركان الثابتة التى تمدّ الركن
الذى البكرة مشدودة فيه الى ضدّ الجهة التى تريد ان
تضع الحجر فيها فيميل ذلك الركن الى تلك الجهة وتدفع[6]
الحبل الذى فى البكرة * قليلا قليلا الى الموضع الذى
تريد ان تجلسه فيه فان لم تكن[7] تبلغ من ميل الركن 15
الذى البكرة[8] عليه مشدودة ما يودى الثقل المرفوع الى
الموضع الذى نريد صيّرنا تحته خشبا مستديرا نمشيه
عليه او ندفعه بالمخل حتى نصيره فى الموضع الذى

---

1) B om. 2) Codd. ثلاث 3) LK اليها 4) BC تمدّ
5) Codd. واحتجت 6) Codd. ترفع 7) BCL om. 8) B om.

darunter an, auf denen wir sie laufen lassen, oder treiben sie mittels Hebels so weit, bis wir sie an die beabsichtigte Stelle bringen. Wenn das geschehen ist, bringen wir den Balken wieder in seine Lage, nach der uns zugelegenen Seite zu, befestigen ihn wieder und verfahren mit ihm, 5 wie das vorige Mal.

3 Die Maschine mit zwei Stützen wird auf folgende Weise hergestellt. Man wendet das οὐδὸς genannte Werkzeug an und errichtet darauf die Stützen. Diese mögen sich nach oben hin etwas neigen, etwa um ein Fünftel 10 ihres unteren Abstandes. Dann befestigt man die beiden

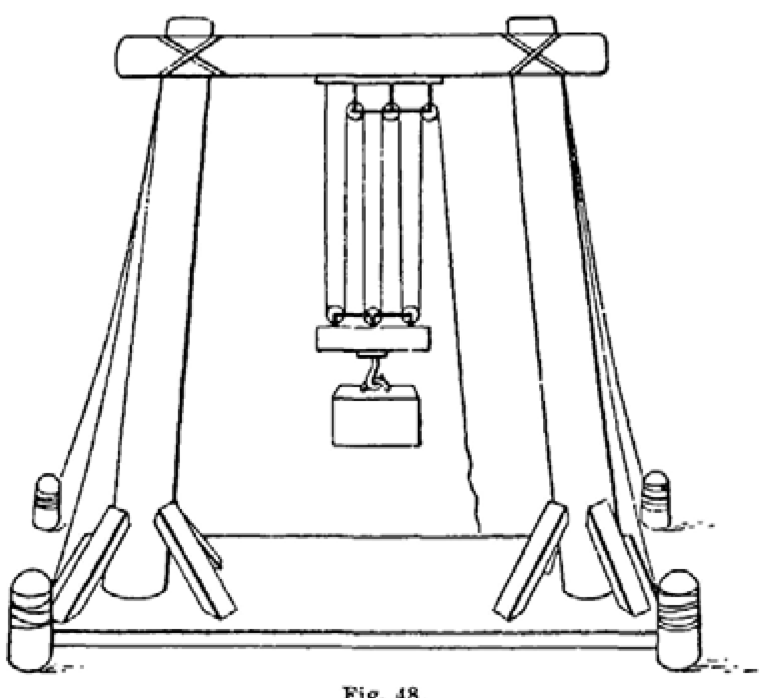


Fig. 48.

Stützen auf dem Sockel, so dafs ihre beiden (unteren) Enden mit einander verbunden sind, und bringt an den (oberen) Enden der Stützen einen anderen Querbalken, an dem ein Flaschenzug befestigt ist, an. Ein andrer 15 Flaschenzug befinde sich an dem Stein. Darauf zieht man das Seil an, wie beim vorigen Mal, entweder mit

نريد([1] فاذا فعلنا ذلك رددنا الركن الى موضعه من الجهة
الاخرى التى تلى البدا ثم نشدّه ايضا ونستعمل فيه مثل
العمل الاول ⊙

[٣] فامّا الحيلة التى هى ذات ركنين فانها تعمل
بهذا العمل نستعمل الآلة التى تسمى اودوس([2] ونركّب 5
عليها الاركان ولتكن تميل الى الجهة العليا ميلا يسيرا
يكون قدر خمس* من البعد([3] السفلانىّ ثم نشدّ الركنين
على هذا الاودوس ليجتمع([4] طرفيهما([5] بعضها الى بعد
ونصيّر فى اطراف الاركان عارضة اخرى تشدّ عليها بكرة([6]
*كثيرة الرفع ولتكن بكر اخر([7] مشدودة فى الحجر ثم([8] 10
نمدّ ذلك الحبل مثل العمل الاول إمّا بالايدى وإمّا([9]
بدوابّ([10] فيرتفع الثقل* ولتعالى هذه([11] الاركان ينبغى ان
تكون مرتبطة([12] بالحبال([13] كالربط([14] الذى وصفنا اولا
ثم نضع الحجر وننقل ذلك الاودوس الى الجهة الاخرى
من البناء على قدر ما تدعو الحاجة اليه ⊙ 15

[٤] فامّا الحيلة التى هى ذات ثلاثة اركان فانّها

---

1) K تريده والله هو الموفق 2) B اودس 3) Codd.
البعد من 4) BCL ليجمع 5) BCL طرفهما 6) Codd.
add. BCL اخر K اخرى 7) B. om. 8) LK om. 9) K او
10) K بدوار 11) B ويتعالى وهذه 12) B مربوطة CL
مربطة 13) LC بالحبل 14) LC كالرباط

den Händen oder durch Zugtiere, und so hebt sich die Last. Damit diese Stützbalken aufrecht bleiben, müssen sie mit Seilen, wie vorher beschrieben, angebunden sein. Dann bringen wir den Stein in die nötige Lage und transportieren den Sockel nach der anderen Seite des Baues, 5 je nachdem es nötig ist.

4 Die Maschine mit drei Pfeilern wird in folgender Weise gemacht. Wir machen drei gegeneinander geneigte Pfeiler, deren Spitzen sich in einem Punkte treffen, und befestigen in diesem Punkte, in dem sich 10

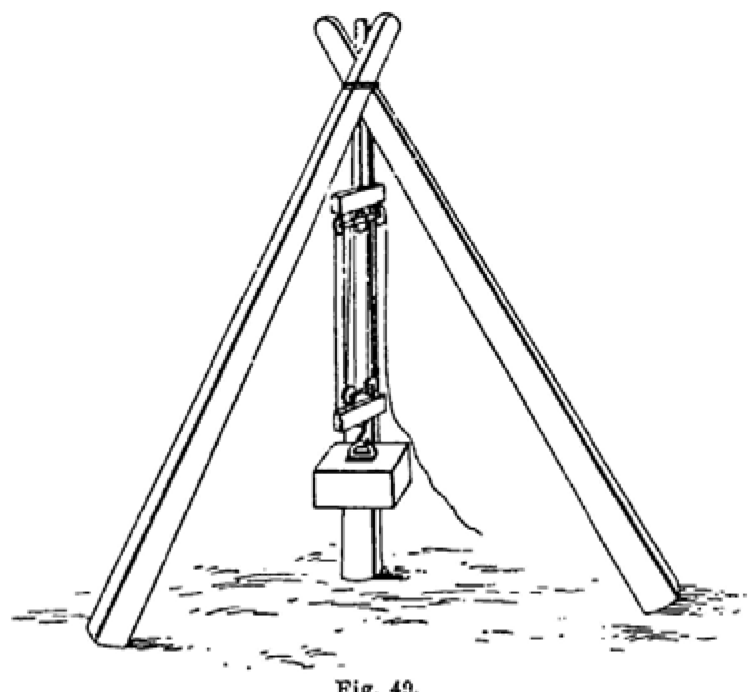


Fig. 49.

die drei Balken treffen, einen Flaschenzug, dessen andrer Teil an der Last befestigt ist. Wenn nun die Seile des Flaschenzuges angezogen werden, so hebt sich die Last. Die Basis dieses Werkzeuges ist fester und sicherer als eine andre, aber sie läſst sich nicht gut an jedem Orte 15 anwenden, sondern nur an Orten, wo wir die Last in der Mitte dieses Werkzeuges heben wollen. Wenn wir also

تعمل على هذه الجهة نعمل ثلاثة اركان بعضها مائل الى بعض تجتمع اطرافها على علامة واحدة ونشدّ على تلك العلامة التى اجتمعت الثلاثة الاركان عليها[1] بكرة كثيرة الرفع ويكون بعضها مشدودا على الحمل فاذا جذبت[2] قلوس البكر ارتفع الحمل * وهذه الآلة قاعدتها اوثق وآمن 5 من غيرها ولكن ليس يصلح ان تستعمل فى كلّ موضع نريد لكن فى الموضع الذى نريد ان نرفع الحمل[3] فى وسط هذه الآلة فاذا[4] احتجنا ان نقلّ حملا الى موضع يمكن ان نصيّر هذه الآلة تحيط بوسطه استعملناها[5] *عند ذلك[6] ⊙ 10

[٥] وأمّا الحيلة التى هى ذات اربع قوائم فانّها تستعمل فى الاثقال المفرطة فى العظم وهى ان يقام اربعة اركان من خشب تكون حلقتها[7] كحلقة[8] مربّع متوازى الاضلاع وليكن فى سعته على المقدار الذى يمكن الحجر ان يضطرب فيه ويتعالى بسهولة ثم نشدّ على اطراف هذه 15 الاركان خشبا نصل بعضها ببعض وليكن ذلك باحكام ووثاقة ثم نصير ايضا على هذه[9] الخشب خشبا أخر نشدّ

---

1) LK عليه 2) LCK اخذت 3) B om. 4) B فان
5) B add. فى 6) LCK فيه 7) BCL خلفها 8) B الخلقة
9) Codd. هذا

eine Last nach einem Orte bringen müssen, um den herum wir dieses Werkzeug aufstellen können, so benutzen wir es dabei.

5 Was nun das Werkzeug mit vier Stützen angeht, so wird es bei übergroſsen Lasten angewendet. Es besteht 5 darin, daſs man vier Pfeiler von Holz in der Form eines viereckigen Geheges mit parallelen Seiten aufstellt, so

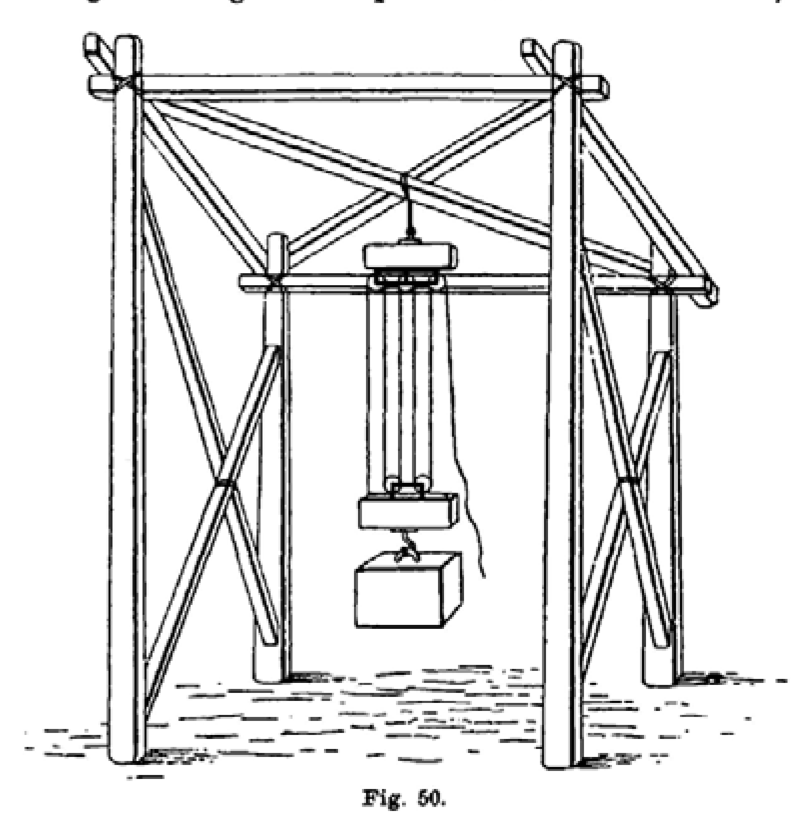


Fig. 50.

weit auseinander, daſs der Stein sich darin leicht bewegen und heben läſst. Dann befestigen wir an den Enden dieser Stützen Holzstücke, die mit einander verbunden sind, 10 und zwar fest und sicher. Auf diese Holzstücke legen wir in entgegengesetzter Ordnung (d. i. diagonal) wieder andre, damit alle Stützen mit einander verbunden sind. Hierauf befestigen wir den Flaschenzug in der Mitte dieser Hölzer, in dem Punkte, in welchem sich die Hölzer einander 15

بعضها ببعض شدّا مخالف[1] الترتيب[2] ليربط[3] جميع الاركان
بعضها ببعض ثم نشدّ البكر فى وسط هذه[4] الخشب على
العلامة التى تلاقى الاعواد بعضها بعضا عليها ثم نشدّ الحجر
فى تلك الحبال التى فى البكر ونجبذها فيرتفع الحمل ⊙
فقد ينبغى ان نتوقّى فى جميع آلات الحيل من ان 5
نستعمل مسامير واوتادا وبالجملة كلّما يكون فى ثقل[5]
ولا سيّما فى الاثقال العظام لكنّا نستعمل الحبال والقلوس
فنشدّ بها ما نريد مكان الشىء الذى نريد ان نسمّره ⊙

[٦] ومن اجل انه قد يعرض[6] للآلة التى كهيئة
المقلاع التى بها يرتفع[7] الحجر ان تمنع من تركيب 10
الحجر فى الموضع الذى نحتاج[8] ان يركّب فيه فانّا
نستعمل هذه الحيلة وهى التى تسمّى علقا[9] نرسم على
قائدة الحجر التى هى سطح ابجد شكلا مشابها للشكل
المرسوم وهو ان يكون كل واحد من سطحى هزحط
كلمن متوازى الاضلاع وليكن هزحط اعظم عرضا من كلمن 15
فامّا فى الطول فليكونا متساويين اعنى ان يكون خط
كم مساويا لخط هح ثم نحفر هذا الشكل فى عمق
الحجر وليكن عمق الحفر على قدر ثقل الحجر وليكن

---

1) K مخالفا 2) BCL ترتيب K om. 3) K لترييط
4) Codd. هذا 5) Codd. ثقب 6) K يعارض 7) BCL
يرفع 8) BCL add. اليه 9) B على K مملق CL علق

treffen. Nun bringen wir die Seile des Flaschenzugs an dem Stein an, ziehen dieselben, und die Last hebt sich.

Man mufs sich aber bei den mechanischen Werkzeugen hüten, Nägel oder Pflöcke anzuwenden, und zwar überhaupt bei jeder Last, besonders aber bei grofsen Lasten; dagegen wenden wir Seile und Stricke an, und binden damit zusammen, was wir wollen, anstatt etwas nageln zu wollen.

**6** Weil es nun bei dem wie eine Schleuder aussehenden Werkzeug, mit dem man die Steine in die Höhe hebt, manchmal vorkommt, dafs es hinderlich ist, den Stein an

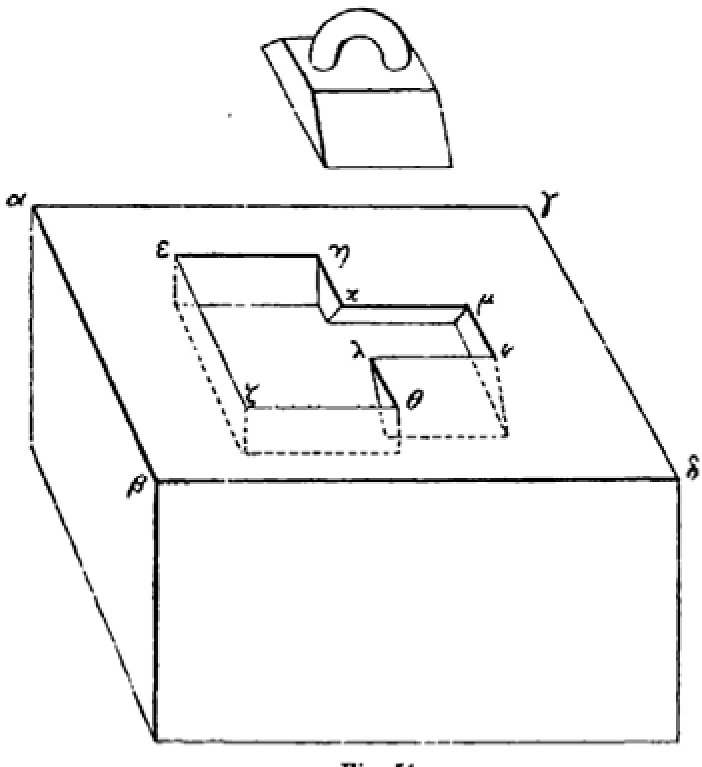



Fig. 51.

die Stelle zu setzen, an die man ihn setzen mufs, so wenden wir das Instrument an, das „Aufhänger" genannt wird. Wir zeichnen auf der Oberfläche des Steines, nämlich der Fläche $\alpha\beta\gamma\delta$, eine Figur wie die in der Zeichnung

حفر سطح ه‍زحط قائم الزوايا مستقصى قيامها وأمّا سطح
كلمن فمورّب(1 الحفر اعنى ان يكون اسفله اوسع من
اعلاه فيكون حفرا كهيئة القفل(2 الخشب يكون الضيق
منه مساويا كلمن والعريض منه مساويا ه‍زحط ونعمل
جسما كهيئة القفل الخشب ايضا من حديد يتراكب على 5
هذا الحفر يكون فى اعلاه حلقة متّصلة به فيصيّر فى حفر
ه‍زحط حتى يعبّر(3 فيه ثم يدفع ويدار(4 حتى يصير فى
الحفر الانثى حتى لا ينقلع ثم يركّب على حفر ه‍زحط
خشب لئلّا تندفع(5 الحديدة ثم نصيّر فى الحلقة المتّصلة
بالوتد الحديد الحبال التى كانت تحمل المقلاع الذى 10
كان يكون الحجر فيه* فيقلّ بهذا العمل حتى يصير فى
لموضع الذى نريد بلا(6 ان يكون يمنعه شىء فاذا
ركّب(7 الحجر فى موضعه خلعت(8 تلك الاوتاد ونزعت
الحديدة ثم ركبت فى حجر آخر* ويرتفع ايضا(9 ☉

[v] وقد تتعالى(10 الحجارة ايضا بالآلات التى 15
تسمّى السراطين اذا كانت ذات ثلاث قوائم او اربع
وعوّجت اطرافها حتى تصير(11 كهيئة الشصاص وركبت
هذه الشصاص فى جانب الحمل وصيّر فى اطرافها عوارض

---

1) Codd. مورب 2) B العقل 3) B om. 4) B om.
5) Codd. add. من 6) B om. 7) BCL يركّب 8) K
قلعت 9) KL om. 10) K تعالى 11) B om.

veranschaulichte. Es ist nämlich jede von den Flächen $\varepsilon\zeta\eta\vartheta$ und $\varkappa\lambda\mu\nu$ ein Rechteck; $\varepsilon\zeta\eta\vartheta$ sei breiter als $\varkappa\lambda\mu\nu$. In der Länge aber seien sie einander gleich, d. h. die Linie $\varkappa\lambda$ sei gleich der Linie $\varepsilon\eta$. Dann graben wir diese Figur tief in den Stein, die Tiefe der Grube entspreche dem Gewicht des Steines. Die Grube der Fläche $\varepsilon\zeta\eta\vartheta$ sei durchaus senkrecht, die der Fläche $\varkappa\lambda\mu\nu$ aber schief, d. h. der untere Teil sei weiter als der obere, so daſs eine Grube wie ein Holzschloſs entsteht. Der enge Teil sei gleich $\varkappa\lambda\mu\nu$, der breite gleich $\varepsilon\zeta\eta\vartheta$. Dann machen wir einen ebenfalls wie ein Holzriegel aussehenden Körper von Eisen, der in diese Grube passt, an dessen oberem Teil ein Ring angebracht ist, und der in die Grube $\varepsilon\zeta\eta\vartheta$ geht, so daſs er ganz darin ist; darauf schiebt und stöſst man ihn, bis er in die Muttergrube ($\varkappa\lambda\mu\nu$) geht, ohne sich zu bewegen. Nun legt man in die Grube $\varepsilon\zeta\eta\vartheta$ ein Holz, damit das Eisen nicht herausrutscht. Alsdann bringt man an den an dem eisernen Pflock befindlichen Ring die Seile an, die die Schleuder trugen, worin der Stein lag, und hebt ihn auf diese Weise, bis er an den beabsichtigten Ort gelangt, ohne daſs ihn etwas hindert. Wenn der Stein an seiner Stelle eingefügt ist, wird der Holzpflock wieder entfernt, das Eisen herausgezogen, um darauf in einen andern Stein eingefügt zu werden, der ebenfalls in die Höhe gehoben wird.

7 Steine lassen sich auch mittelst der „Krebse“ genannten Werkzeuge heben, wenn sie drei oder vier Stützen haben, und ihre Enden umgebogen sind, so daſs sie aussehen wie Angelhaken, und diese Haken in die Seiten der Last gebracht werden. Über ihre (der Stützen) Enden werden Querhölzer gelegt und mit Stricken befestigt, dann in die Höhe gehoben, so daſs sie die Last heben. An den Enden dieser Stützen müssen wir die Querhölzer so anbringen, daſs sie sich auſserhalb des Steins mit ihren Enden vereinigen, damit der Stein, wenn er an ihnen hängt und in die Höhe geht, nicht etwa herabfalle, sondern diese Querhölzer müssen zusammengebunden sein, und

اعلى فى اطراف القوائم وشدّت بحبال ورفعت فانّها* تقل
الحمل([1] وقد ينبغى ان يصيّر فى اطراف هذه القوائم
عوارض يجمع بعضها الى بعض خارج الحجر فى اطرافها*
لكى لا([2] تكون اذا تعلّق الحجر* عليها فقلّت فيقع
الحجر([3] لكن تكون هذه العارضة تشدّ بعضها الى بعض 5
وتكون الحبال مشدودة عليها خارجة منها الى البكر
فاذا مدّت رفعت الحجر ⊙

[٨] وقد نستعمل([4] فى هذا عملا([5] آخر اسهل من
ذلك واكثر وثاقة منه فلتكن قاعدة الحجر التى عليها
ابجد ولنحفر فيها حفرا شبيها بالمتوازى الاضلاع وهو 10
هزحط وليكن معتدل العمق وليكن حفره مورّب الجوانب
اعنى ان يكون له فى اسفله من الجانبين غور مقتدر
ويكون على ذلك الغور صلبا ليجرّ الحجر الذى عليه
ونستعمل وتدين([6] من حديد تكون اطرافهما([7] معوّجة
كهيئة حرف غما([8] وليكن فى اعلاها حلق او ثقب ثم 15
نركّب كلّ واحد منهما فى جانب من الحفر وندخل
المعوّج منه فى الحفر المورّب ونعمل ايضا([9] *وتدا آخر

1) K تحمل الثقل 2) K لئلا 3) B om. 4) BC يستعمل 5) BCL عمل 6) KL وتد 7) Codd. اظرافها
8) K عماآ LC عماب sive عماق B عمال كذا وجدت
9) Codd. الى

die Seile müssen aufsen an ihnen mit den Rollen verbunden sein; wenn sie angezogen werden, heben sie den Stein.

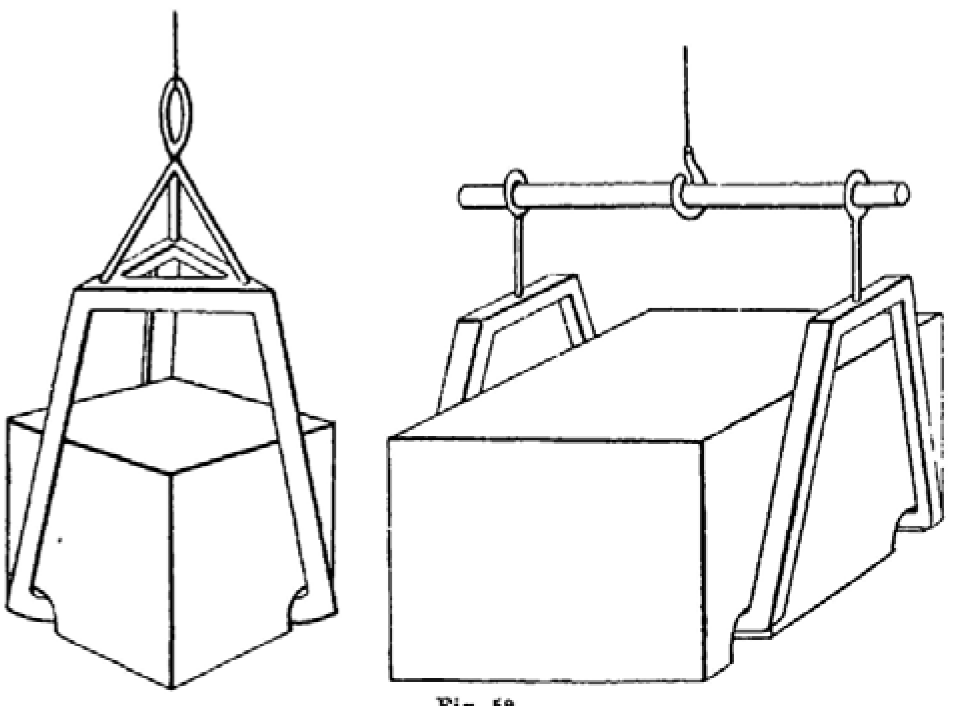


Fig. 52.

8 Zum selben Zwecke wendet man auch ein andres Verfahren an, das bequemer und sicherer ist, als dieses. Sei die Oberfläche des Steins mit $\alpha\beta\gamma\delta$ bezeichnet, und 5 höhlen wir in denselben eine einem Rechteck ähnliche Figur, nämlich $\varepsilon\zeta\eta\vartheta$, von gleichmäfsiger Tiefe. Diese Grube habe scharfe Seiten d. h. sie habe auf zwei Seiten eine ziemliche Ausbuchtung. Über dieser Ausbuchtung sei sie sehr stark, damit sie den Stein, der an ihr hängt, 10 trage. Wir benutzen nun zwei eiserne Pflöcke, deren Seiten schief seien, ähnlich dem Buchstaben Gamma. Oben sei ein Ring oder ein Loch an ihnen; dann setzen wir jeden der beiden Pflöcke in eine Seite der Grube und bringen den schiefen Teil derselben in die schiefe Aus- 15 buchtung, machen noch einen dritten Pflock von Eisen, den wir zwischen die beiden ersten einfügen, damit er

ثالثا حديدا(¹ نركّبه بين هذين الوتدين ليمنع هذين الوتدين من ان يضطربا وليكن الوتد الثالث ايضا مثقوبا فى اعلاه ثقبا موازيا لثقبى الوتدين الآخرين ونركب

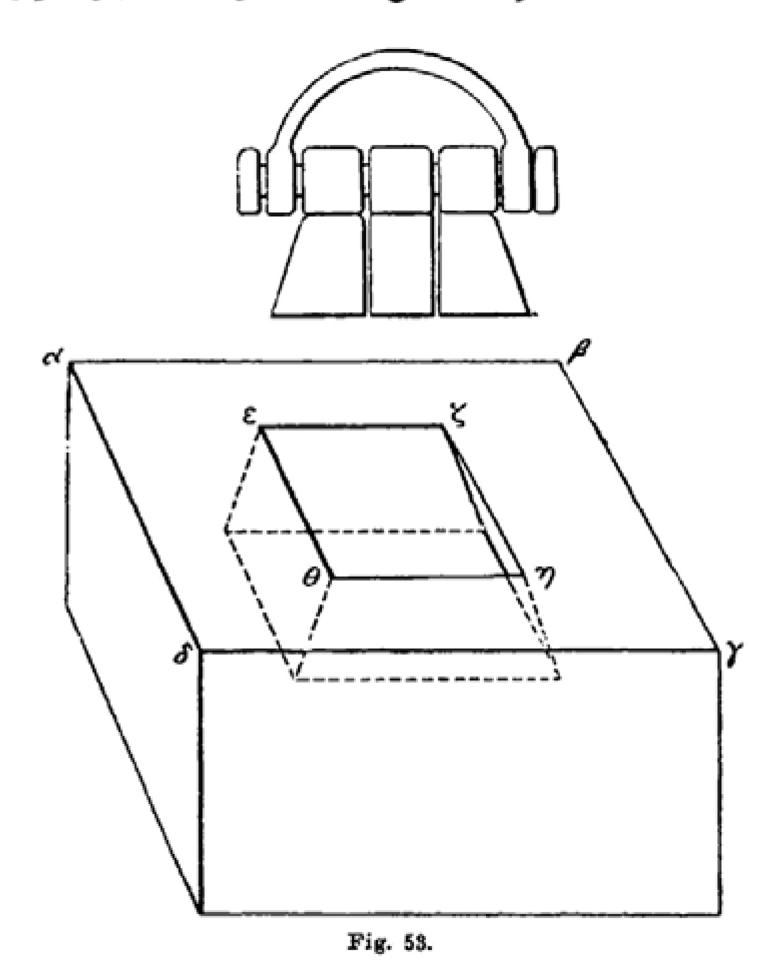



Fig. 53.

فى الثلاث الثقب محورا يكون احد طرفيه غليظا فتكون الثلاثة الاوتاد قد ملات حفر هزحط ويكون المعوّج من ⁵

1) Codd. وتد اخر ثالث حديد

dieselben hindere, sich zu bewegen. Der dritte Pflock sei ebenfalls durchbohrt an seinem oberen Ende durch ein dem Loch der beiden ersten Pflöcke entsprechendes Loch. Dann fügen wir in die drei Löcher eine Achse, deren eines Ende dicker ist. Nun füllen die drei Pflöcke die Grube $\varepsilon\zeta\eta\vartheta$, und die schiefen Teile zweier Pflöcke befinden sich in der Ausbuchtung, die zu beiden Seiten der Grubenfläche ist, während der dritte den Zwischenraum zwischen den zwei ersten ausfüllt; so sehen die drei Pflöcke wie ein einziger Körper aus. Hierauf befestigen wir die Seile an der durch die drei Pflöcke gehenden Achse, die zu einem Flaschenzug gehen. An dem oberen Teil der Maschine, mittels derer wir die Last heben, befinde sich ein dem am Stein angebrachten paralleler Flaschenzug; führen wir die Seile hierdurch und ziehen an, so hebt sich der Stein, weil der mittlere Pflock die beiden anderen, deren schiefe Teile im Stein festsitzen, nicht losläſst. Dann hebt man ihn, bis er dem Orte, an dem wir ihn einfügen wollen, gegenüber ist, und läſst ihn sich an diesem Platz setzen. Wenn der Stein an seinem Platze sitzt, wird die Achse herausgenommen und der mittlere Pflock und darauf die beiden Pflöcke mit schiefen Seiten entfernt; hiernach stellen wir einen andren Stein zurecht und verfahren mit ihm wie vorher.

Bei diesem Verfahren muſs man sich hüten zu hartes Eisen anzuwenden, damit es nicht zerbricht; man muſs sich aber auch vor zu weichem hüten, damit es sich nicht krümmt und biegt, wegen des Gewichtes des Steines, sondern man wendet mittleres, nicht zu hartes und nicht zu weiches, an. Man nehme sich auch in Acht vor einer Biegung oder Falte im Eisen, oder einem Riſs, der ihm während der Bearbeitung widerfahren könnte, denn ein Fehler darin ist sehr gefährlich, nicht allein, weil der Stein fallen könnte, sondern auch, weil er die Arbeiter trifft, wenn er fällt.

1) B سدّ 2) B هذا الذى وصفناه 3) K يرتفع

الوتدين قد دخل فى الحفر الذى عن جنبتى سطح
الحفر ويكون الوتد الثالث قد ملأ[1] ما بين الوتدين
فصارت الثلاثة الاوتاد كهيئة جسم واحد ثم يشدّ على ذلك
المحور النافذ فى الثلاثة الاوتاد قلوس تكون فيها بكر
وتكون فى اعلى الآلة التى بها نرفع الثقل بكر اخر محاذية 5
للتى فى الحجر فتنفذ القلوس فيها وتجبذ فانّ الحجر
يرتفع لان الوتد الاوسط لا يدع الوتدين اللذين اطرافهما
المعوّجة فى داخل الحجر توكّد ثم يرفع الى ان يحاذى
الموضع الذى نريد ان يركّب فيه فيجلس على ذلك
الموضع فاذا جلس الحجر فى موضعه اخرج المحور 10
وقلع الوتد الاوسط واخرج كلّ واحد من الوتدين
المعوّجة الاطراف ثم نركّب حجرا آخر ونعمل به* العمل
الاول[2] ⊙ وقد ينبغى ان نتوقّى فى هذا العمل استعمال
ما صلب من الحديد لئلا ينقصف ونتوقّى ايضا اللين منه
لئلا ينعوّج وينقلب لثقل الحجر بل نستعمل منه ما كان 15
متوسطا ليس شديد الصلابة ولا شديد اللين وينبغى
ايضا ان يتوقى عطف شىء من الحديد وتثنّيه او شقّ
يناله فى صنعته فان الخطاء فيه يعظم جدّا ليس لوقوع
الحجر فقط لكن لانّه ينال الصنّاع ايضا اذا وقع ⊙

[٩] امّا الانواع التى نرفع[3] بها او نعلى الشىء 20
الثقيل فانّها هذه التى ذكرنا وقد ينبغى ان نحتال فى

**9** Die Arten, schwere Gegenstände zu heben und in die Höhe zu bringen, sind also die von uns erwähnten. Wir müssen aber Ort, Zeit und auch sonstige Erfordernisse in Betracht ziehen, und darlegen, wie wir gemäſs jedem einzelnen dieser Umstände verfahren.

Beim Herabschaffen groſser Blöcke von den Gipfeln hoher Berge wendet man eine Einrichtung an, damit nicht der Stein wegen der Abschüssigkeit des Berges durch seine eigne Abwärtsbewegung ins Rollen komme und auf die Zugtiere, die ihn ziehen und den Wagen falle und sie vernichte. Deshalb benutzt man bei dem Berge an dem Orte, wo man den Stein von oben nach unten herabschaffen will, zwei Wege, die man möglichst ebnet, und nimmt zwei vierräderige Wagen, deren einen man an die höchste Stelle des Weges, auf dem man den Stein herabschaffen will, den anderen an die tiefste Stelle des zweiten Weges stellt. Dann bringt man an einem festen Posten zwischen den beiden Wegen Rollen an, führt von dem Wagen, der den Stein trägt, Seile über die Rollen und läſst sie nach dem unteren Wagen gehen. Diesen unteren Wagen beladet man mit kleinen Steinen, die sich beim Behauen des groſsen Blockes ergeben, bis er mit einem etwas kleineren Gewichte, als das des herabzuschaffenden Steines ist, belastet ist. Hierauf spannt man an diesen Wagen Zugtiere, die ihn aufwärts ziehen, und durch das allmälige Aufsteigen dieses Wagens bewegt sich der groſse Stein ebenfalls leicht und allmälig nach unten.

**10** Manche wollen nach diesem Verfahren auch groſse Säulen heben und sie auf ihre Postamente an einem beliebigen Orte niederlassen. Bei dieser Methode bindet man an den oberen Teil der Säule, die man heben will, Stricke, führt sie nach Rollen, die an einer festen Stütze angebunden sind, und zieht sie durch, bis sie auf der anderen Seite der Rolle heraus kommen. Dann bringt man an den Enden derselben, die durchgezogen wurden, Gefäſse an, in die man Steine und schwere Gegenstände legen kann, ich meine Kasten oder dergleichen. Darauf

المكان والزمان وما يحتاج اليه من غير هذا ايضا ونبيّن
كيف ينبغى ان نستعمل فى كلّ واحد من هذه ⊙ فقد
استعمل قوم فى احدار الحجارة الكبار من رؤس الجبال
الشاهقة[1] حيلة لئلا يكون لانصباب الجبل يتحدّر الحجر
لحيدة[2] نفسه فيقع على الدوابّ التى تجرّه والعجل 5
فينلفها فاستعملوا طريقين فى الجبل فى الموضع الذى
ارادوا ان يحدروا الحجر فيه من اعلاه الى اسفله وسهّلوها
بغاية ما يمكنهم واتخذوا عجلتين ذات[3] اربع[4] فلك
وصيروا احداهما فى اعلى الطريق الذى ارادوا احدار
الحجر فيها[5] والاخرى فى اسفل الطريق الآخر ثم شدّوا 10
على ركن ثابت بين الطريقين[6] بكرا واجازوا من[7] العجلة
التى تجرّ الحجر الى البكر حبالا وانفذوها الى العجلة
الاخرى التى اسفل وصيّروا على تلك العجلة التى اسفل
حجارة صغارا ممّا وقع لهم من نجارة الحجر الاعظم حتى
ثقّلوها ثقلا ما اقلّ من الحجر الذى ارادوا احداره ثم 15
شدّوا الى تلك العجلة دوابّ تجرها مصعدا فكان بصعود
تلك العجلة قليلا قليلا ينحدر الحجر الاعظم الى اسفل
انحدارا سهلا قليلا قليلا ايضا ⊙

---

1) BCL جبال شاهقة 2) B بجذبه K نحدره 3) L ذوات 4) K اربعة 5) K منها 6) BCL الطريقتين 7) LK om.

füllt man die Gefäſse mit ziemlich dicken Steinen und Gewichten, bis sie das Gewicht der Säule aufwiegen, und das Übergewicht darüber erreichen; denn so heben sie dieselbe und sie bleibt senkrecht auf ihrer Basis. Der

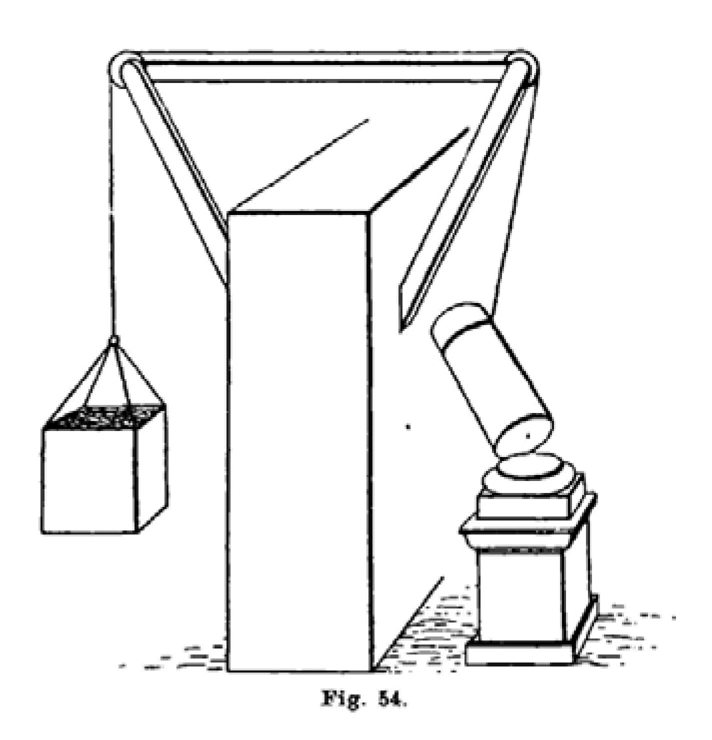


Fig. 54.

untere Teil der Säule muſs an die Basis festgebunden werden, damit er, wenn die Säule gehoben wird, die Basis nicht verlasse, oder sich von ihr weg bewege; oder man windet um die Basis der Säule Stricke, die sie wie ein Kranz umgeben, damit der untere Teil der Säule beim Heben fest in jenen Seilen ruht, die um dieselbe herumgelegt wurden.

**11** Manche wollten nach folgender Methode groſse Lasten auf dem Meere bewegen. Man macht nämlich ein viereckiges Floſs aus Holz, dessen einzelne Teile mit Nägeln und Bolzen aneinander befestigt sind. Demselben macht man starke Wände, und bringt es ins Wasser, dahin wo man die Last aufladen will. Unter das Floſs legt man

[١٠] وقد رام قوم ان يرفعوا بهذا العمل ايضا اساطين عظاما فيجلسوها[1] *على قواعدها[2] في الموضع الذى يريدون وبهذه الحيلة ربطوا فى رأس الاسطوانة التى ارادوا رفعها حبالا واجروها الى بكر مشدودة فى برج ثابت وانفذوها حتى[3] خرجت الى الجهة الاخرى عن البكر ثم 5 شدّوا فى اطرافها التى انفذت فى البكر اوعية تحتمل ان توضع فيها الحجارة واشياء ثقيلة اعنى كالصناديق او غير ذلك ممّا يشبهه ثم صيّروا فى تلك الاوعية حجارة مقتدرة واثقالا حتى توازن ثقل العمود وتقوى عليه فانّها عند ذلك ترفعه فيقوم قائما على قاعدته وقد ينبغى ان 10 يشدّ اسفل الاسطوانة الى قاعدتها لئلا يخرج عنها اذا رفعت او يزول عنها او يلقى على قاعدة الاسطوانة قلوس تصير لها مثل الاكليل ليكون اذا رفعت الاسطوانة ثبت اسفلها فى تلك القلوس التى قد اديرت عليها ⊙

[١١] وقد رام قوم ان يجروا احمالا عظاما فى 15 البحر بهذه الحيلة فانّهم عملوا طوفا[4] من خشب مربعا[5] يشدّ بعضه[6] الى بعض بمسامير واوتاد وصيّروا له حيطانا وثيقة والقوه فى الماء[7] حيث ارادوا ان يحملوا الثقل

1) K فيجلبوبها 2) B om. 3) BCL اذا 4) B اطرفا K طرفا 5) LKC مرتفعا 6) Codd. بعضها 7) K البناء CL المياء

mit Sand gefüllte Säcke, mit zugebundenen Öffnungen, und setzt das Floſs auf die Säcke. Dann nimmt man zwei Kähne, bindet sie mit Stricken zu beiden Seiten des Floſses an seinen Wänden fest. Danach bringt man die Last auf das Floſs, öffnet die Säcke, und läſst den Sand aus- 5 laufen. Dann läſst man die beiden Kähne in die See fahren, und sie durchschneiden sie, indem sie das Floſs tragen.

**12** Andre dachten auf dieselbe Weise groſse Steinblöcke auf dem Meere schwimmend zu transportieren. Manche

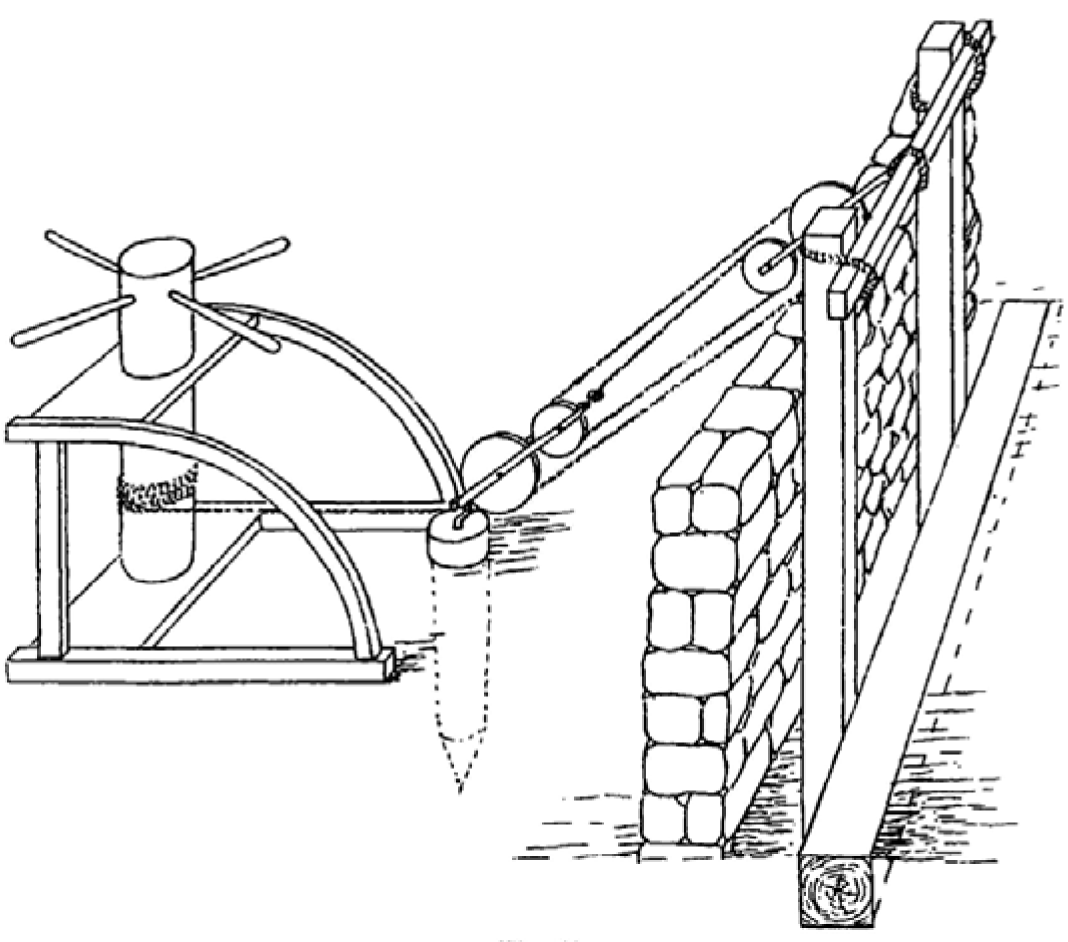


Fig. 55.

benutzten folgende Methode, um Mauern, die bei Erdbeben 10 sich neigten, wieder aufzurichten. Man gräbt auf der

وصيّروا تحت الطوف تلاليس[1] مملوّة رملا مشدودة[2]
الاكفال[3] فركّبوا الطوف على التلاليس ثم اخذوا سفينتين
فشدوهما بالقلوس عن جنبتي الطوف في حائطيه ثم
صيّروا الحمل على الطوف وحلّوا التلاليس وسيّلوا الرمل
ثم سيّروا السفينتين في البحر فنفذت تحمل الطوف ⊙ 5

[١٢] وقوم احتالوا ايضا بان يسبّحوا[4] الحجارة
العظام في البحر بهذه الجهة. وقوم احتالوا في رفع
الحيطان التي قد مالت في الزلازل بهذه الجهة حفروا
في الارض في الجهة التي مال اليها الحائط حفرا بطول
الحائط ثم وضعوا فيه خشبا مربّعا بعيدا[5] عن الحائط 10
بعدا يسيرا واقاموا خشبا آخر قائما فيما[6] بين الحائط
والخشب المربّع الذي صيّروا في الحفر ثم صيّروا في
اطراف الخشب القائم بكرا واجازوا عليها الحبال الى آلة
تسمّى ملفّة ثم اداروا تلك الآلة حتى انجذبت الحبال
وجذبت الخشبة المعترضة وانجذب بانجذابها الخشب 15
القائم فميّل الحائط حتى[7] ردّه الى موضعه فلمّا ردّه[8] الى
موضعه تركوه[9] مشدودا بذلك الخشب زمانا لتستقرّ

1) CLK بلاليس 2) K مسدودة 3) B الاكمال LCK الاكفال de Vaux الاكوام 4) BCL سحوا 5) Codd. بعيدة 6) BCL om. 7) KCL في 8) BCL ردوه 9) K نزلوه

Seite, nach der sich die Mauer neigt, der Länge der Mauer nach, einen Graben in die Erde. Darin legt man in kurzer Entfernung von der Mauer einen viereckigen Balken, und richtet zwischen der Mauer und dem viereckigen, in dem Graben liegenden Balken, andre Balken 5 auf (die durch einen Querbalken verbunden sind). An dem Ende der senkrechten Balken bringt man Rollen an und führt über dieselben Seile nach dem „Winde" genannten Werkzeug. Dann dreht man dieses Werkzeug, bis sich die Seile anspannen, und der Querbalken an- 10 gezogen wird. Hierdurch werden die aufrechten Balken angezogen und neigen die Mauer bis sie dieselbe an ihren früheren Platz bringen. Wenn sie wieder an ihren Platz gebracht ist, läſst man sie eine Zeitlang durch diese Balken gestützt stehen, damit die Steine sich in einander 15 setzen. Dann löst man die Balken los, und die Mauer steht in ihrem aufrechten Zustande fest.

**13** Was zum Bewegen von Lasten notwendig ist, und was hierbei von Nutzen ist, das haben wir nun in genügender Weise auseinandergesetzt. Jetzt sind landwirt- 20 schaftliche Werkzeuge, nämlich solche, mit denen man Wein und Öl preſst, nicht weit abgelegen von der Anwendung der Hebel, die wir erwähnt haben; denn es ist notwendig dies darzulegen, und so viel davon zu erläutern, als man zu wissen braucht. 25

Der Oros genannte Balken, den Andre auch Presse nennen, ist nun nichts weiter als ein Hebel und sein Hypomochlion. Letzteres ist hier die Mauer der Presse, in welcher das Ende des Preſsbalkens angebracht ist. Die Last ist das um die zu pressenden Trauben geschlungene 30 Netz, und die bewegende Kraft ist der am Ende des Preſsbalkens hängende Stein, genannt Lithos. Bei groſsen Preſsbalken zeigt es sich, daſs auch das Gewicht des Steines ein groſses ist, damit er zum Pressen stark genug

---

1) BCL اتيبا من بيانه

الحجارة بعضها على بعض ثم حلّوا الخشب فيثبت الحائط على حالته المستوية ⊙

[١٣] امّا ما يحتاج اليه فى حركة الاثقال وما ينفع فى ذلك فقد* اثبتنا بيانه(1 بما فيه كفاية والآن آلات

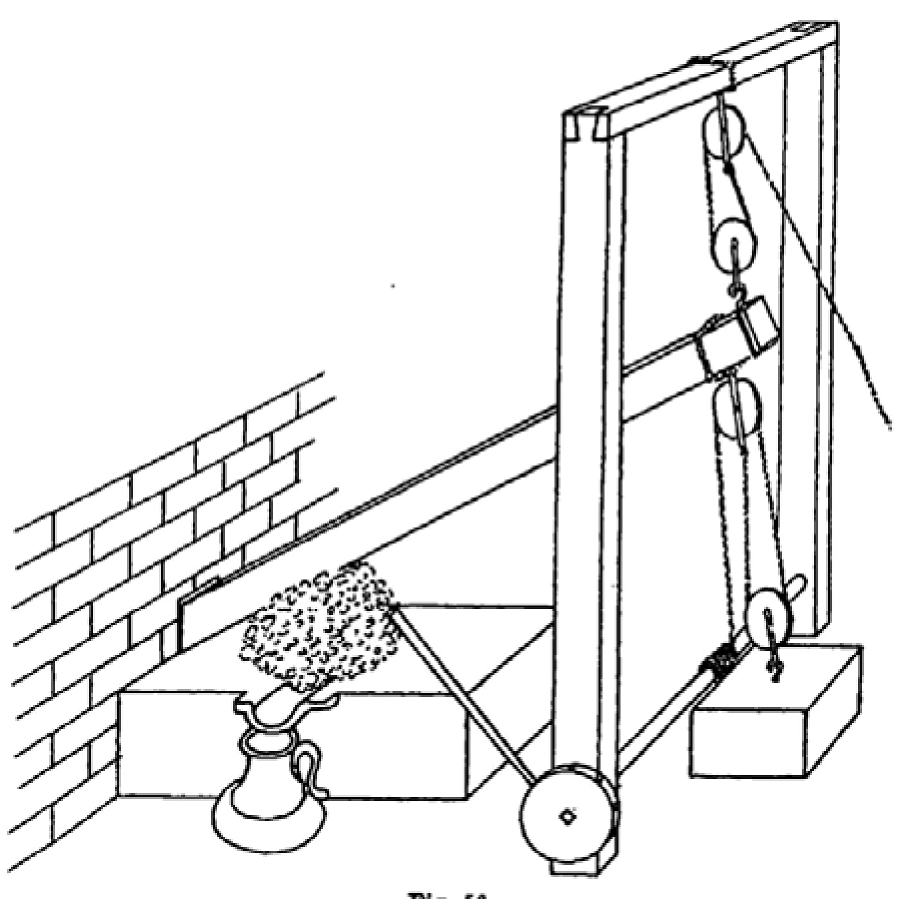


Fig. 56.

الفلاحة اعنى التى تعصر بها الانبذة والادهان ليس 5 ببعيدة عمّا ذكرنا من استعمال الامخال فانّه قد يجب

sei. Die langen Preſsbalken sind bisweilen fünfundzwanzig Ellen lang, und der daran hängende Stein, genannt Lithos, hat ein Gewicht von zwanzig Talenten.

**14** Wir wollen nun das Aufhängen des Steines betrachten. Wir verfahren dabei so: Wir nehmen einen Flaschenzug und befestigen eine Rolle an dem Ende des Oros, die andre an dem Stein (und führen ein Seil über die Rollen). An dem Steine befestigen wir auſserdem ein Querholz über der Rolle, welches an das Oros genannte Holz angehängt wird (um den Stein an dem Preſsbalken aufzuhängen, wenn er mittels des Flaschenzugs hoch gehoben ist). Dann führen wir jenes Seil nach einer Welle mit dem Rade, drehen das Rad, so daſs sich das Seil um die Welle aufrollt und der Stein sich hebt.

**15** Wir haben noch eine andre Methode, um das Oros genannte Holz zu senken und den Lithos genannten Stein zu heben. Denn die Steifigkeit der Seile bewirkt ein Hindernis für das Senken des Holzes und das Heben des Steines, weil das Seil, wenn es steif ist, nicht über die Rollen läuft, beim Heben des Steines nach oben und beim Senken des Balkens nach unten. Beim Heben des Steines müssen wir auch lange Speichen anwenden, um mittels derselben die Welle zu drehen. Wir sind aber, wenn die zu pressenden Trauben, die unter dem Balken liegen, sehr viele, oder die Leute, die die Welle, auf der sich das Seil befindet, drehen, eine gröſsere Anzahl sind, nicht sicher vor dem Brechen einzelner Speichen, so daſs (der Stein) herabfällt, und sie so ein Unglück trifft, oder daſs (die Speichen) aus dem Loche herausfahren, so daſs (der Stein) ebenfalls fällt, und ihnen dasselbe Unglück widerführe. So hat man also eine andre Methode herausgefunden, bei der man kein Seil nötig hat, die leichter und sicherer ist. Ihre Beschreibung ist folgende.

---

1) K ونشبع  2) Codd. حبل et حمل  3) Codd. عصار
4) Codd. لبيس  5) Codd. شيء  6) BCL المرصص  7) Codd.

ان نبيّن ذلك ونشرح[1] منه قدر ما يكتفى بمعرفته ⊙
فامّا الخشبة التى تسمى جبلا[2] الذى يسمّيه قوم
آخرون عصارا[3] فليس[4] شيئًا[5] آخر غير مخل ما وحجره
الذى تحت المخل وهو حائط المعصرة الذى طرف
الخشبة فيه والثقل هو الحبل الملفوف على العنب 5
المرضّض[6] والقوّة المحرّكة هى الحجر المعلّق فى طرف
الخشبة الذى[7] يسمّى لئس[8] وقد يعرض فى الخشب
العظام ان يكون ثقل الحجر[9] عظيما ايضا ليقوى على
العصر أمّا الخشبة العظيمة فانّه قد يكون طولها خمسة
وعشرين ذراعا والحجر المعلّق * عليه الذى يسمّى لئس[10] 10
يكون ثقله عشرين قنطارا[11] ⊙

[١٤] * فنريد ان نحتال فى تعليق[12] الحجر فنستعمل
هذا العمل[13] نتّخذ آلة كثيرة الرفع ونشدّ على طرف
الحبل بكرة وعلى الحجرة بكرة اخرى ونشدّ على الحجر
فوق البكرة خشبة معترضة نعلقها على الخشبة التى تسمى 15
الجبل ولنخرج ذلك الحبل الى محور عليه فلكة وندير
الفلكة فيلتفّ الحبل على المحور ويرتفع الحجر ⊙

[١٥] * وقد نجد حيلة اخرى نحطّ بها الخشبة
التى تسمى اورس ونرفع بها الحجر الذى يسمّى لئس

---

8) Codd. لبن et لمن ليبا K ليسا  9) LC الخشب  10) LC التى  11) B om.  12) BCL طريق  13) B om.

Wir benutzen einen viereckigen Körper von Holz, der wie ein Backstein*) aussieht, und befestigen ihn unter

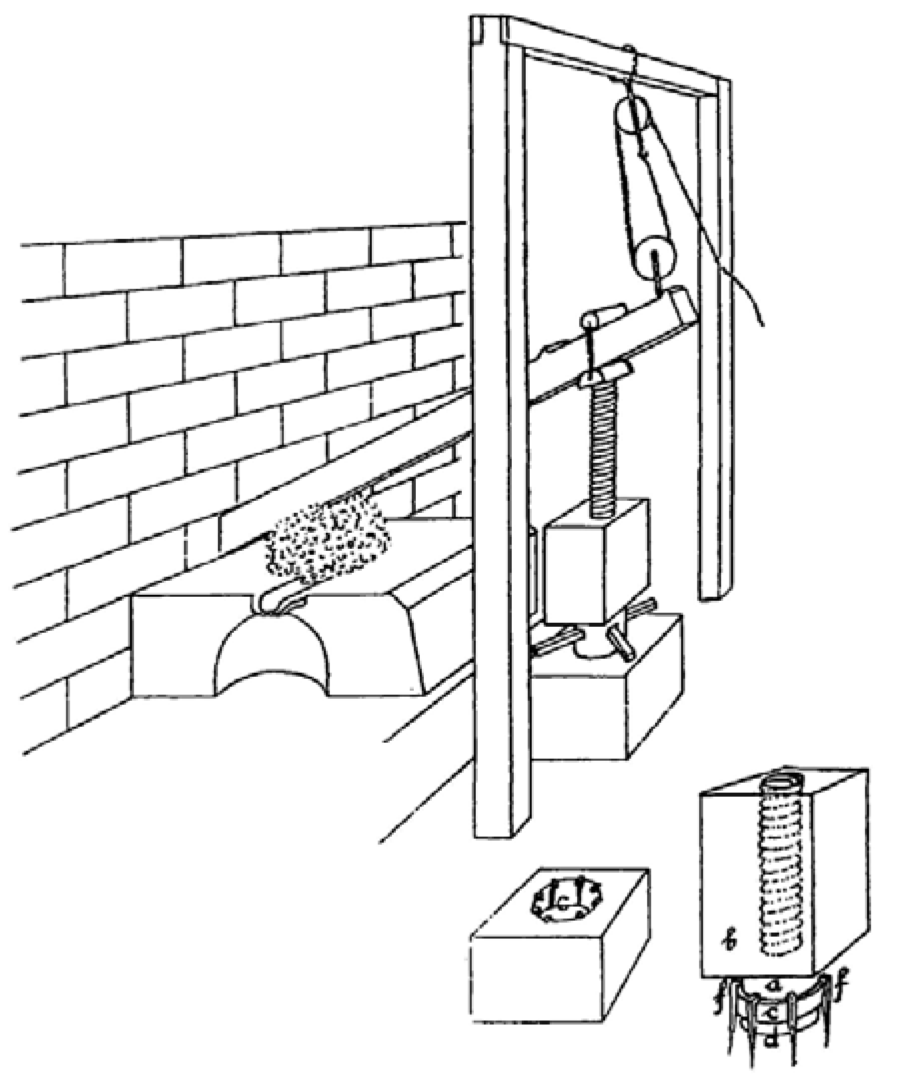



Fig. 57.

dem Oros genannten Balken an der Stelle, wo das Seil war. Den einen, nach oben gerichteten, seiner Teile machen wir rund, und auf beiden Seiten der festen Stütze 5

*) gr. vielleicht πλινθίον.

فانّ صلابة[1] الحبل تفعل امتناعا ما من انحطاط الخشبة وارتفاع الحجر لان الحبل اذا كان صلبا فانّه لا يجرى على البَ ى رفع الحجر[2] الى الجهة العليا وفى انحطاط الخشبة الى اسفل وفى رفع الحجر يحتاج ان نستعمل اوتادا طوالا[3] نديرِ المحور بها ولا تأمّنّا اذا كان العتب 5 المرضوض[4] الذى تحت الخشبة كثيرا وكان الذين يديرون هذا المحور الذى الحبل عليه جماعة ان ينكسر بعض الاوتاد فيقع فيالهم ضرر او ينقلب من الثقب فيقع ايضا فيالهم مثل ذلك فاستخرجوا حيلة اخرى لا يحتاج فيها الى حبل اسهل من هذه واوثق منها وهذه صفتها ⊙ 10 نستعمل جسما من خشب مربّع كهيئة اللبنة[5] فنركبها تحت الخشبة التى تدعى الجبل فى الموضع الذى كان يصيّر فيه الحبل وليصير احد اجزائه التى تلى ما فوق مستديرة ونصيّر من كلّ جهة من ناحيتى الركن الثابت لجآت[6] ثابتة على الخشبة التى يقال لها الجبل لئلا 15 تجرى هذه اللبنة اكثر ممّا يحتاج اليه ويمكنها ان تميل الى الجهتين جميعا ثم نرفع الخشبة اعظم رفعها الذى نرفعه لوضع العتب تحتها ونقدر البعد الذى بين اللبنة

---

1) B om. 2) Codd. الخشبة 3) B add. والاوتاد القويّة يسمّونها (يسمو فيها .Cod) باليونانيّة بريا (msc. s. p.) 4) LCB s. p. 5) Codd. لبنة et لسة 6) K لجنابات

bringen wir auf dem Oros genannten Balken festsitzende Hemmungen(?) an, damit dieser Backstein nicht weiter laufe, als nötig ist, sich aber doch nach beiden Seiten hin bewegen kann. Dann heben wir den Prefsbalken so hoch wie möglich, um die Trauben darunter zu legen, 5 messen die Entfernung zwischen dem Backstein und dem Stein, nehmen davon die Hälfte oder ein wenig mehr und machen nach dieser Länge eine gleichmäfsig dicke, linsenförmige Schraube. Das Schraubengewinde gehe aber auf der einen Seite nicht bis zum Ende des Schraubenholzes; 10 auf der andren Seite mufs jedoch das Gewinde das Ende des Schraubenholzes erreichen. Den überragenden Teil des Holzes machen wir viereckig und schneiden in dieses Viereck eine Grube, Tormos genannt. Das ist ein Kreisloch, welches in das Ende des Holzes gebohrt wird, so 15 dafs dieses Holz sich mit dem Holz (dem Backstein), mit dem es verbunden werden soll, zusammenfügen läfst. Dann fügen wir diesen Tormos an die eine der unter dem Prefsbalken gelegenen Seiten des Backsteins, nehmen eiserne Quernägel (?), fügen ihre Enden in dieses Loch ein und 20 nageln den Rest derselben in den Backstein. Nun benutzen wir eine eiserne Achse, die wir in diesen Tormos einführen, sie nach dem Backstein gehen lassen und sie daran befestigen, damit sie die Festigkeit der Verbindung mit dem Backstein erhöhe. 25

Hierauf nehmen wir ein andres viereckiges Stück von starkem harten Holze, von gleicher Länge wie die Schraube; seine Breite, welche von einer von den Seiten des Vierecks seiner Grundfläche bestimmt ist, sei um soviel gröfser als der Durchmesser des Schraubencylinders, dafs wir diesen 30 Cylinder in das Innere dieses viereckigen Holzes einfügen können. Dann spalten wir es der Länge nach, machen in jeden der beiden Teile einen runden kanalartigen Graben, um eine Mutterschraube daraus zu machen, schneiden das Schraubengewinde ein, so dafs die Vater- 35 schraube eingefügt werden kann. Hiernach verbinden wir die beiden Teile wieder, so dafs sie zu einem Stück werden.

وبين الحجر وناخذ نصفه او اكثر من ذلك قليلا ونعمل
بهذا الطول لولبا عدسيّا معتدل الثخن وليكن الحفر
اللولبيّ لا يخرج الى نهاية خشبة اللولب من الجهة الواحدة
فامّا من الجهة الاخرى فانّه ينبغى ان يكون الحفر
اللولبيّ يبلغ نهاية الخشبة اللولبيّة ونصير الفاضل من 5
الخشبة مربّعا ونفرض فى هذا المربّع حفرا يسمّى طرمس
وهو دائرة تحفر فى طرف العود حتى يتراكب العود
بالخشبة التى يحتاج ان يوصل بها ثم نركّب هذا الطرمس
فى احدى جهات اللبدة التى تلى ما تحت الخشبة ثم
نستعمل مسامير من حديد معترضة فنركّب اطرافها فى 10
هذا الحفر ونسمّر باقيها على اللبدة ونستعمل ايضا محور
حديد نجيزه فى هذا الطرمس ونخرجه الى اللبدة فنشدّه
فيها ليزيده[1] وثاقة واتصالا باللبدة[2] ثم نستعمل خشبة
اخرى مربّعة من عود صلب قوّى يكون طولها مساويا لطول
اللولب وعرضها الذى يحيط به ضلع من اضلاع مربع 15
قاعدتها اطول من قطر الاسطوانة اللولبية بالقدر الذى
يمكن به ان تركّب تلك الاسطوانة فى داخل هذه الخشبة
المربعة ثم نشقّها بنصفين طولا ونحفر من كل واحد من
جزئيها حفرا ميزابيّا مستديرا نصيّره أنثى اللولب ونحفره
حفرا لولبيّا يمكن ان يتراكب فيه اللولب الذكر ثم نلصق 20

---

1) K add. قوة 2) Codd. add. الخشب

Das Gewinde muſs auch in dem Mutterholz auf der einen Seite bis zum Ende des Holzes gehen; am anderen Ende läſst man es ungebohrt, massiv. Wenn wir nun das Ende der Schraube in das Ende des ausgehöhlten Holzes, dessen Gewinde bis zu seinem äussersten Rande reicht, einfügen, 5 und die Schraube gedreht wird, so geht dieselbe ganz in das ausgehöhlte Holz hinein, bis sie ganz darin verschwindet. Wenn wir dies gethan haben, schneiden wir am Ende dieses innen ausgehöhlten Holzes an seinem Halse in kurzer Entfernung vom Ende einen Kreis ($a$) aus, und 10 setzen einen eisernen Ring ($c$) darauf, wie man es bei Wagenachsen macht. Darauf graben wir in den Stein ein Loch ($c$), so weit, daſs das Ende dieses Holzes ($a$, $d$) hineinpaſst, und wir dasselbe leicht darin drehen können. Nun setzen wir das Ende des Holzes in dieses Loch ein, 15 und bringen eiserne Haken ($f$, $f$) daran (an dem Stein) an, die das Holz hindern aus der Grube im Stein herauszufahren. An dem, am Ende des Holzes ausgekerbten Kreise bringen wir ebenfalls einen eisernen Ring ($d$) an, damit es sich leicht drehen läſst. Oberhalb dieses in den 20 Stein eingelassenen Endes machen wir einander entgegengesetzte Löcher, aus welchen die vier Enden zweier Speichen herausragen. Wenn wir dies gethan haben, und den Oros genannten Balken benutzen wollen, bringen wir die beiden Enden der Schraube und des im Innern aus- 25 gehöhlten Holzes an einander. Danach werden die vier Speichen gedreht, bis die Schraube in die Höhlung eindringt, der Balken herabgedrückt wird, der Stein sich hebt, und so Alles unter dem Balken ausgepreſst wird. Wenn sich der Stein so weit gesenkt hat, daſs er auf 30 der Erde aufsitzt, drehen wir im entgegengesetzten Sinne, so daſs sich der Balken hebt, während der Stein liegen bleibt. Dieses Verfahren ist kräftig und solid, von sicherem Ausgange (gefahrlos) und ohne viele Mühe.

16 Manche haben daran gedacht andre Arten von Preſs- 35 werkzeugen zu erfinden, und haben an Stelle des um die zu pressenden Trauben gewundenen Netzes und der Körbe,

الجزئين حتى تصيرا شيئًا واحدا ينبغى ان يكون الحفر
اللولبىّ ايضا فى الخشبة الانثى نافذا فى الجهة الواحدة
الى غاية الخشبة فاما فى الجهة الاخرى فانّه يدع غير
محفور صلبا(1 فاذا ركّبنا طرف اللولب فى طرف الخشبة
المجوّفة التى قد بلغ حفرها اللولبىّ الى اقصاها ودور 5
ذلك ينفذ اللولب كلّه فى الخشبة المحفورة حتى
يستتر كلّه فاذا فعلنا ذلك حفرنا فى طرف هذه الخشبة
المحفورة الداخل دائرة فى عنقها(2 دون طرفها ببعد
يسير وركّبنا عليه خواتيم حديد كما نفعل فى محاور
العجل ثم نحفر فى الحجر حفرا يسع طرف هذه الخشبة* 10
ان تتراكب فيه وليكن يمكن فيه ان تدور الخشبة
تدويرا سهلا ثم نركّب طرف الخشبة فى(3 ذلك الحفر
ونصيّر له ضبابا حديدا(4 تمنع الخشبة من أن تخرج من
الحفر الذى فى الحجر ونصيّر على الدائرة المفروضة فى
طرف الخشبة ايضا خاتما حديدا(5 ليكون تدويرها سهلا 15
ونصيّر فوق هذا الطرف(6 المركّب فى الحجر ثقبا متخالفة
تخرج منها اربعة اطراف وتدين فاذا فعلنا ذلك واردنا
استعمال الخشبة التى تسمى الجبل اوصلنا طرفى اللولب
والخشبة المحفورة الداخل ثم تدار الاربعة الاوتاد

---

1) Codd. صلب 2) K عمقها 3) B om. 4) Codd. ضباب حديد 5) Codd. خاتم حديد 6) Codd. الحفر

in welche man die Oliven legt, nachdem sie mit einem Einschnitt (?) versehen worden, und die man unter den Oros bringt, ein Instrument aus Holz gemacht, das man Galeagra nennt. Dies füllt man mit beliebigem Material an, stellt es unter den Oros genannten Balken, und läſst den Balken darauf herab. Hierdurch erhält man einen weiten Raum für das, was man pressen will, und Erleichterung für die Arbeit.

Die Herstellung der Galeagra geschieht auf zwei Arten. Die eine derselben ist zusammengesetzt, und entsteht nach folgendem Verfahren. Man nimmt Holz von harter und starker Beschaffenheit, und macht daraus Latten von der Länge des Instrumentes, das man machen will. Ihre Breite messe zwei Spannen, und ihre Dicke sechs Finger. Dann schneiden wir an beiden Enden jeder Latte auf beiden Seiten, nachdem man sechs Finger breit davon freigelassen, eine Kerb in den oberen Teil und lassen sie auf ein Vierteil der Dicke in die Tiefe der Latte eindringen. Ebenso machen wir es auf der unteren Seite, sodaſs der Rest der Dicke des Holzes noch seine Hälfte beträgt. Die Kerben in den Latten müssen gleichmäſsig sein, damit eine in die andre paſst. Dann setzen wir die Latten zusammen, sodaſs aus der Zusammensetzung aller ein gleichseitiges, viereckiges, kastenähnliches Gestell entsteht. Die inneren Ritze zwischen den Latten müssen weit sein, damit die Flüssigkeiten schnell daraus ablaufen. Bei diesem

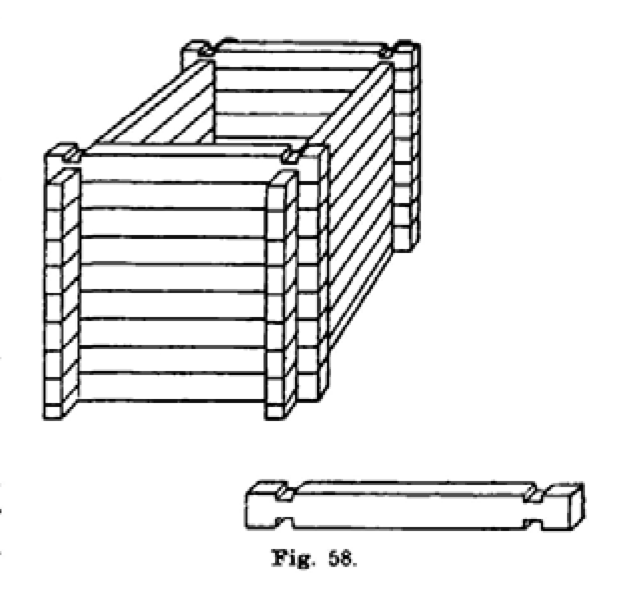


Fig. 58.

فتنكبس الخشبة ويرتفع الحجر فينعصر كلّ شيء تحت الخشبة فاذا انحطّ الحجر الى ان يقعد على الارض ادرناه تدويرا ضدّ ذلك حتّى ترتفع الخشبة ويثبت الحجر وهذا العمل قوى وثيق مأمون العاقبة ليس فيه كثير تعب ⊙ 5

[١٩] وقد احتال قوم فى استخراج اجناس اخر* من آلات([1] العصر فعملوا مكان الحبل الذى يلف على العنب المرضوض ومكان* القفاف التى تصيّر فيها الزيتون([2] بعد ان فرض وتدخل تحت الحبل آلة من خشب سمّوها غالاغرا يملؤونها ما ارادوا ويضعونها تحت الخشبة التى تسمّى 10 الحبل ويحطون الخشبة عليها فانّه يجتمع لهم بذلك وسع لما يريدون ان يعصرونه وسهولة العمل وهذه الغالاغرا صنعتها([3] على ضربتين احداهما تكون مركّبة وهى على هذا العمل توخذ خشبة صلبة فى طبيعتها مكتنزة فنعمل منها مساطر يكون طولها بقدر الآلة التى نريد ان نعملها 15 ويكون عرضها قدر* شبرين وثخنها قدر([4] ستّة اصابع ثم نفرض فى طرفى([5] كلّ مسطرة من الجهتين جميعا بعد ان ندع منها([6] ستّة اصابع فرضا فى اعلاها([7] وننفذ فى عمق المساطر قدر ربع ثخنها وكذلك ايضا نفعل فى

---

1) Codd. om. 2) B om. 3) BCL صفنتها 4) B om.
5) B om. 6) Codd. منه 7) Codd. اعلاه

Werkzeug braucht das Holz, das auf den Trauben liegt, und die Platten, die darüber aufgeschichtet werden, nicht sehr dick zu sein, weil sie, wenn die Trauben gepreſst werden, (durch Auflegen neuer Platten) je nach dem Betrag des bereits davon Gepreſsten, über die Latten hinausragen, sodaſs kein Hindernis aus diesen entsteht. 5

**17** Was nun die andre Galeagra betrifft, so wird die Verbindung ihrer Wände*) mit einander durch drei Querhölzer an jeder derselben hergestellt. An den Seiten dieser drei Querhölzer muſs ein Fortsatz sein, der mit einer bis in 10 die Mitte ihrer Dicke reichenden Kerbe versehen ist, damit die vier Wände fest aneinander gefügt sind, wenn sie zusammengesetzt werden. Auch bei diesem Werkzeug müssen die Ritze weit sein, und auf die oberste Platte ein Stück Holz gelegt werden, das nach dem vorhin Er- 15 wähnten oben hinausragt, damit der Preſsbalken nicht einen Teil der Trauben trifft, sondern der Holzklotz sich bis auf den Boden der Galeagra senkt.

**18** Jetzt wollen wir die Herstellung der Pressen besprechen, die stark und kräftig pressen, und den Unterschied er- 20 wähnen, der zwischen den bereits genannten und den folgenden Werkzeugen besteht, die zum stärksten und vollkommensten gehören, was es giebt.

Zuerst legen wir den Unterschied zwischen ihnen dar, und dann beschreiben wir ihre Herstellung. Wir sagen 25 also, daſs der Oros genannte Balken nichts Andres ist, als ein Hebel, den ein Gewicht niederdrückt. Das Gewicht, das ihn drückt, befindet sich an seinem über dem Erdboden erhabenen Ende. Wenn es den Druck ausübt, so flieſsen die Flüssigkeiten ununterbrochen, bis das Gewicht auf dem 30 Boden sitzt. Die Werkzeuge, die wir nun beschreiben wollen, sind zwar sehr kräftig, aber ihr Druck ist nicht kontinuierlich und von gleichmäſsiger Stärke. Deshalb muſs man das Drehen und Pressen von Zeit zu Zeit wieder-

---

*) Diese Galeagra ist in Fig. 59. zwischen den Schrauben der Doppelschraubenpresse gezeichnet.

اساقلها[1] حتى يكون* الذى يبقى من ثخن الخشب
قدر نصفه وقد ينبغى ان يكون الفرض الذى فى المساطر
متساويا ليتراكب بعضها على بعض ثم نركّب المساطر حتى
يكون[2] بتركيب[3] جميعها شكل مربع متساوى الاضلاع
5 شبيه بالتابوت وقد ينبغى ان تكون فرج المساطر الداخلة
واسعة لتسيل الرطوبات منها سريعا[4] اما فى هذه الآلة
فليس يحتاج ان يكون الخشب على العنب والالواح
المركّبة فوقه ثخينة جدّا لانه[5] اذا انعصر العنب فبقدر
ما انعصر منه يرتفع من المساطر لئلا يعرض منها امتداع ⊙

10 [١٧] فاما الغالاغرا الاخرى فان اربعة[6] حيطانها
تعمل متصلة[7] بعضها ببعض[8] بثلاث عوارض فى كلّ واحد
منها وقد ينبغى ان يصيّر فى هذه الثلاث[9] العوارض
فضل فى جوانبها مفروض فرضا يبلغ الى نصف ثخنها لان
تكون اذا ركّب بعضها الى بعض تثبت الاربعة الحيطان
15 مهندمة وقد ينبغى فى هذه الآلة ايضا ان تكون فرجها
واسعة وتوضع على لوحها الاعلى قرميّة يكون لها ارتفاع
على ما ذكرنا اولا لئلّا تنال الخشبة بعض العنب وتنزل*
القرمية الى اسفل الغالاغرا[10] ⊙

1) BCL اسفلها 2) B om. 3) BCL بتركّب 4) B om.
5) Codd. لان 6) Codd. اربع 7) Codd. متصل 8) K
الى بعض 9) Codd. الاربع 10) B om.

holen. Bei dem Oros genannten Balken dagegen übt der Stein, wenn er aufgehängt ist, und dann losgelassen wird, allein den Druck aus, und man hat eine mehrmalige Wiederholung des Drückens nicht nötig. Das ist der Unterschied zwischen den Werkzeugen. 5

19 Die Werkzeuge, deren Herstellung wir jetzt besprechen, dienen zum Pressen von Olivenöl. Sie sind leicht zu handhaben, können transportiert und an jeden beliebigen Ort gebracht werden. Man hat bei denselben keinen langen, gleichmäſsigen Balken von harter Natur, noch einen groſsen, 10 schweren Stein, noch starke Seile nötig, auch begegnet uns dabei kein Hindernis wegen der Härte der Seile; sondern sie sind frei von alledem, üben einen starken Druck aus und pressen die Flüssigkeiten vollkommen aus. Ihre Herstellung geschieht so, wie wir jetzt darlegen. 15

Wir nehmen ein viereckiges Holz von sechs Spannen Länge; seine Breite sei nicht geringer als zwei Fuſs, und seine Dicke nicht geringer als ein Fuſs. Dieses Holz sei von fester Art, nicht zu weich und nicht zu trocken, sondern von mittlerer Qualität. Wir nennen es „Tisch." 20 Wir legen nun den Tisch flach auf, und bohren an seinen beiden Rändern in gleichem Abstande zwei tiefe, runde Löcher hinein. In jedes Loch bringen wir zwei Sperrhölzer, (b, b) die in die Tiefe des Tisches hineinragen. Ihre beiden Enden seien Bogen, die sich treffen, so daſs dadurch ein 25 kleiner Kreis entsteht, der kleiner ist als die gebohrten Kreislöcher. Diese beiden Sperrhölzer mögen schief geschnitten sein, damit sie, wenn sie eingefügt sind, fest bleiben und gar nicht nachgeben. Dann nehmen wir zwei harte, viereckige, linealgerade Hölzer, von gleicher Dicke 30 und Breite; den einen Kopf derselben lassen wir auf einen angemessenen Abstand viereckig. Die Kanten des übrigen Teils der beiden Hölzer nehmen wir und machen sie mit der Feile rund und konstruieren darauf eine Schraube von gleichmäſsiger Dicke. An dem Ende des Schraubenholzes, 35 das wir viereckig gelassen haben, bringen wir eine Scheibe mit vier Löchern an, in welche wir vier Speichen stecken.

[١٨] والآن نخبّر بصنعة(1 المعاصر التى تعصر بها بشدّة وقوّة ونذكر الفصل الذى* بين الآلات التى(2 تقدم* ذكرها وبين هذه الآلات(3 وهى من(4 اقوى ما يكون واتقنه واولا(5 نخبر الفصل الذى بينهما ثم نصف صنعتها(6 فنقول إنّ الخشبة التى تسمّى الجبل ليس 5 هى الا محل ما يكبّسه ثقل والثقل الذى يكبّسه هو فى طرفه المتعالى عن الارض فاذا كبّس لا تزال الرطوبات تسيل الى ان يقعد الثقل على الارض فامّا *هذه الآلات التى(7 نريد صفتها* فانها قويّة(8 جدّا ولكن كبسها(9 ليس بمتصل ايضا شديد فلذلك يجب ان نتعاهد وقتا 10 بعد وقت بالتدوير والشدّ فامّا فى الخشبة التى تسمّيها جبلا فانك اذا علّقت الحجر وتركته كان هو وحده يكبس ولم يحتج الى ان تتعاهد بالكبس مرّة بعد مرّة فهذا الاختلاف الذى يعرض بين الآلات ⊙

[١٩] *وقد تنفع هذه الآلات(10 التى نخبر الآن 15 بصنعتها فى عصر الزيت وهى سهلة العمل يمكن ان تنقل او تصيّر فى اىّ المواضع اردنا وليس نحتاج فيها الى

---

1) BCL بصناعة 2) Codd. om. 3) Codd. من ذكرنا 4) B om. 5) Codd. اولى 6) LC فيها (فيه K) اللين 7) B صفتها 8) B فانهما قويتان 7) B هذان الآلتان التان 9) B كبسهما 10) B om.

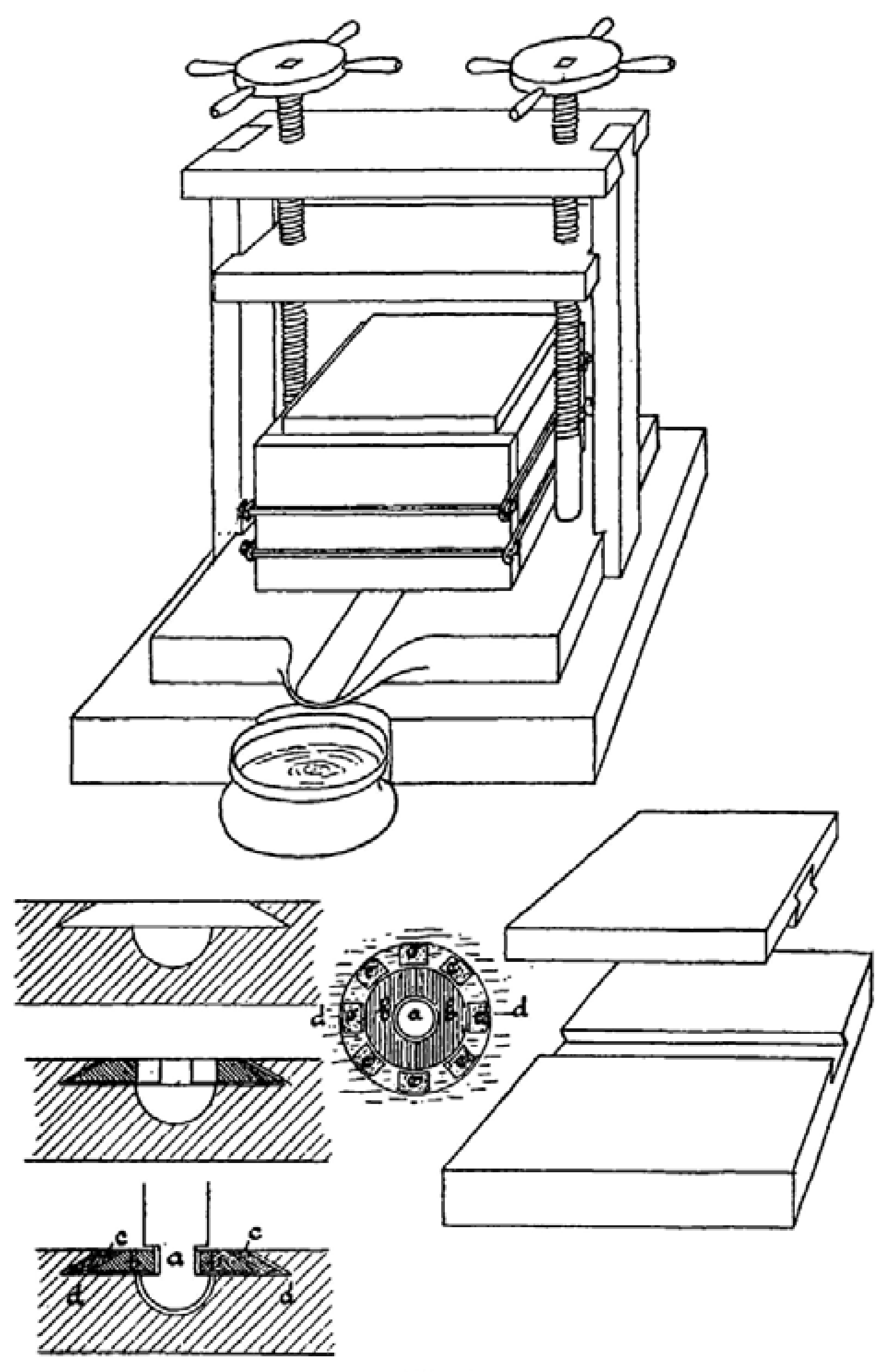



Fig. 59.

خشبة طويلة مستوية صلبة فى طبيعتها ولا الى حجر
ثقيل عظيم ولا حبال قويّة ولا ينالنا فيها امتناع لصلابة
الحبال ولكنها سليمة من هذا كلّه تكبّس كبسا شديدا
وتخرج الرطوبات باستقصاء وصنعتها هى هذه التى نحن
ذاكروها ⊙ نستعمل خشبة مربعة يكون طولها ستّة اشبار 5
وعرضها ليس باقلّ من قدمين وثخنها ليس باقلّ من
قدم واحد ولتكن هذه الخشبة صلبة فى جنسها لا تكون
شديدة اللين ولا هشيمة لكنها تكون متوسطة ولنسمّها
مائدة فنضع المائدة معترضة ونحفر فى طرفيها على بعد
متقارب ثقبين عميقين فى داخلها مستديرين ونصيّر لكلّ 10
ثقب ضبتين من خشب نافذتين فى عمق المائدة وليكن
طرفاهما قسيّا[1] تلتقى فتكون منهما دائرة صغيرة اصغر من
الدوائر المحفورة ولتكن هذه الضباب مورّبة الحفر لتكون
اذا ركّبت ثبتت فلا تنقطع بتّة ثم ناخذ عودين صلبين
مستويين مربّعين على مسطرة يكون ثخنهما وعرضهما 15
متساويين ولندع من احد رأسيهما بعدا مقتدرا مربّعا
وناخذ زوايا باقى العودين وندورها[2] بالمبرد[3] ونرسم
عليهما[4] لولبا متساوى الثخن ونصيّر فى طرف خشب
اللولب الذى[5] تركناه مربّعا فلكة مثقوبة باربع ثقب ونصيّر

---

1) Codd. قشىّ 2) Codd. ندبره 3) Codd. بالنهى
4) Codd. عليه 5) K add. قد

Um das andre Ende der beiden Hölzer laufe im Kreise ein grober Einschnitt, der soweit vom Ende entfernt ist, als das runde Loch, das wir in den Tisch (d) gebohrt haben, tief ist. Der Durchmesser dieses Kreises sei gleich der Hälfte des Durchmessers des Kreises der Grundfläche 5 der Schraube. Wenn dies geschehen ist, fügen wir das Ende (a) der Schraube, an welchem sich dieser eingekerbte Kreis befindet, in das runde Loch in dem Tische. Dann treiben wir die Sperrhölzer (b, b), die wir gemacht haben [durch Keile (c, c)] an, bis sie in den eingekerbten Kreis 10 einspringen und darin festsitzen und so die Schraube nicht herausfahren lassen. Ebenso verfahren wir mit der Schraube, die ans andre Ende des Tisches kommt.

Nun nehmen wir ein langes viereckiges Holz von der Länge des unteren Holzes, in welches die Schrauben ein- 15 gefügt sind. In diesem Holze befinden sich zwei Kreise, die in das Holz ein- und nach der anderen Seite durchgehen, in derselben Lage wie die beiden Kreishöhlungen, in welchen die beiden Enden der Schrauben sitzen. Im Innern dieser beiden Kreisöffnungen befinde sich ein Schrau- 20 bengewinde, damit dieselben die Mutterschrauben bilden, so daſs, wenn die beiden Schrauben gedreht werden, das Holz sich senkt und sich ebenso auch hebt, wenn die Schrauben nach der anderen Seite gedreht werden. Wie man aber die Schraubenmutter herstellt, werden wir im 25 Folgenden darlegen. Die Länge und Dicke dieses Holzes muſs, wie gesagt, das Maſs der Länge und der Dicke des Tisches haben; seine Breite muſs um ein Viertel der Breite desselben geringer sein.

Hierauf machen wir für den Tisch einen viereckigen, 30 rechtwinkligen Fuſs, dessen unterer Teil wie eine Stufe aussieht, und dessen Länge um ein Weniges gröſser ist, als die Breite des Tisches, damit das ganze Werkzeug darauf feststeht. Die Mitte dieses Fuſses müssen wir mit einer angemessenen Nute versehen, und die Mitte 35 des Tisches mit einem, der Nute des Fuſses entsprechenden Zinken und diesen in jene einfügen, so daſs er ganz fest-

فى هذه الثقب اربعة اوتاد وباقى[1] العودين[2] تحيط
به دائرة بفرض[3] غليظ[4] تكون داخلة عن طرفها[5] قدر
عمق الحفر المستدير الذى حفرناه فى المائدة وليكن
قطر هذه الدائرة نصف قطر دائرة قاعدة اللولب فاذا
فعلنا هذا ركّبنا طرف اللولب الذى فيه هذه الدائرة 5
المفروضة فى الحفر المستدير الذى فى المائدة ثم دفعنا
الضباب التى عملناها حتى تداخل الدائرة المفروضة فتثبتت
عليها فلا تدع للّولب مخرج وكذلك ايضا نفعل بالولب
الذى فى الرأس الاخر من المائدة ثم ناخذ خشبة مربّعة
طويلة يكون طولها قدر الخشبة السفلانية التى اللولب 10
مركّب فيها وليكن فى هذه الخشبة دائرتان نافذتان
فى عمق الخشبة تخرجان الى الجهة الاخرى مسامتتان
لحفرى الدائرتين اللتين طرفا اللولبين فيهما وليكن فى
هاتين الدائرتين حفر لولبىّ فى داخلهما لتكون الدائرتان
انثيين[6] للّولبين حتى تكون اذا دوّر اللولبان تنحطّ 15
الخشبة وكذلك ايضا اذا دوّر فى الجهة الاخرى ترتفع
الخشبة فامّا كيف نعمل حفر اللولب الانثى فانّا سنخبّر
به فيما بعد وقد ينبغى ان يكون طول هذه الخشبة وثخنها
كما قلنا على قدر طول المائدة وثخنها فامّا عرضها فينبغى

---

1) B om. 2) Codd. التربيع 3) Codd. بعود 4) Codd. غليظة 5) Codd. طرفه 6) Codd. انثاوين

sitzt. Dann errichten wir auf dem Tisch zwischen den beiden Schrauben vier miteinander verbundene Wände aus dünnen Platten, die weniger als einen Finger dick sind; die Länge und Breite des Vierecks zwischen diesen Platten soll eine solche sein, dafs, wenn die Galeagra 5 mitten hineinkommt, zwischen beiden ein die Galeagra umgebender freier Raum bleibt, in welchen die Flüssigkeit fliefst. In der Mitte des Tisches müssen wir eine Grube machen, so weit wie die Grundfläche der Galeagra, die den Tisch berührt, d. h. sie mufs in dieselbe passen, und wir fügen 10 die Galeagra in diese Grube ein. Dann legen wir obenauf eine dicke Platte, die sie (der Breite nach) ausfüllt, und darüber ein Holzstück von geringerer Länge und Breite als die Platte, aber so dick, dafs es die Galeagra (der Tiefe nach) ausfüllt. Dann drehen wir die Schrauben 15 mittels der Speichen, die an den Scheiben sind, bis sich das Holz, in dem sich die Mutterschrauben befinden, auf das Holzstück senkt. Dann wird das Holzstück gedrückt, und das Holzstück drückt die Platte im Innern der Galeagra und prefst den Körper in der Galeagra aus, und die 20 Flüssigkeit läuft ab. Dann dreht man die Schraube wieder nach der anderen Seite, sodafs das Holz sich hebt, das Holzstück wird weggenommen und der zu pressende Gegenstand vertauscht, bis alle Flüssigkeit aus demselben heraus ist. 25

**20** Es giebt ein andres Werkzeug mit einer Schraube. Es besteht darin, dafs wir auf dem Tisch zwei Pfosten anbringen, die das Querholz, in welchem sich die Mutterschraube befindet, tragen. Die Mutterschraube befinde sich in der Mitte dieses Holzes. Dann fügen wir die 30 Schraube in dieses Loch ein und drehen sie mittels der Speichen, die an der Scheibe sind, bis sich die Schraube auf die oben in der Galeagra aufgelegte Platte senkt, sie prefst und die Flüssigkeit abläuft.

Man mufs den Druck mehrmals wiederholen, bis in 35 dem zu pressenden Körper keine Flüssigkeit mehr vorhanden ist. Es giebt noch viele andre Arten von Pressen,

ان يكون اقل من عرض تلك بربع عرضها ثم نصيّر لهذه
المائدة رجلا مربّعا على زوايا قائمة يكون اسافلها كهيئة
الدرج ويكون طولها اكثر من عرض المائدة بشيء يسير
ليقوم عليها جميع الآلة قياما جيّدا وينبغي ان نفرض
5 نصف القائمة فرضا مقتدرا ونفرض نصف المائدة بقدر
ذلك الفرض الذى فى القائمة ونركّب احد الفرضين على
الآخر حتى يثبت عليه ثباتا جيدا ثم نصيّر على المائدة
بين اللولبين اربعة حيطان متّصلة من الواح رقاق يكون
ثخنها اقلّ من اصبع ويكون طول المربّعة وعرضها التى
10 تكون بين هذه الالواح بالقدر الذى اذا صيّرت فى
وسطها الغالاغرا يكون بينهما وسع يحيط[1] بالغالاغرا
تسيل فيه الرطوبات وينبغي ان نحفر فى وسط هذه
المائدة حفرا يسع سطح الغالاغرا الذى يماسّ المائدة
أىّ تدخل فيه ونركب الغالاغرا فى هذا الحفر ثم نصيّر
15 فى اعلاها لوحا ثخينا يملأها ونركّب عليه قرميّة اصغر
من اللوح طولا وعرضا يكون ثخنها يملأ الغالاغرا ثم ندير
اللولبين بالاوتاد التى فى الفلك حتى تنحطّ الخشبة
التى فيها الحفر اللولبىّ الانثى على القرميّة فتنكبس القرمية
وتكبّس القرمية اللوح الذى فى داخل الغالاغرا فيعصر
20 الجسم الذى فى الغالاغرا وتسيل الرطوبات ثم يدار

1) Codd. يحوط

die zu beschreiben uns aber nicht gut dünkt, weil ihr Gebrauch beim Volke häufig und gewöhnlich ist, obschon sie in der Leistung den von uns erwähnten nachstehen. 5

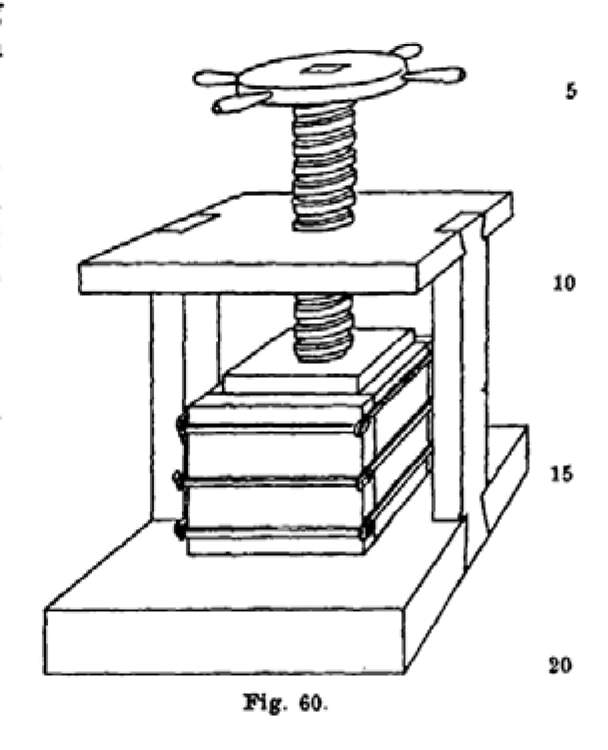


Fig. 60.

**21** Die Mutterschraube wird nun auf folgende Weise hergestellt. Man nimmt ein hartes Stück Holz *(bc)*, dessen Länge doppelt so grofs ist, 10 als die Mutterschraube und dessen Dicke derselben gleich ist. Auf der einen Seite machen 15 wir auf der Hälfte des Holzes eine Schraube *(d, d)* nach der früher gegebenen Beschreibung. Die Tiefe der 20 Windungen an derselben sei so grofs wie diejenige der Windungen an der Schraube, die wir in die Mutterschraube eindrehen wollen. Auf der anderen Seite drechseln wir den Betrag der Dicke der Schraubengänge ab, 25 so dafs das Holz wie ein gleichmäfsig dicker Pflock *(e, e)* wird. Dann ziehen wir den Durchmesser der Grundfläche des Holzes und teilen denselben in drei gleiche Teile. In dem einen der beiden Teilpunkte errichten wir eine Senkrechte auf dem Durchmesser. Dann ziehen wir von den Endpunkten dieser 30 auf dem Durchmesser senkrecht stehenden Linie in der ganzen Länge des Pflockes zwei gerade Linien *(ty, uz)*. Dies erreichen wir, wenn wir den Pflock auf eine gerade Platte legen, und ihn mit einer Zange furchen, bis wir das Gewinde erreichen. Dann wenden wir vorsichtig eine 35 feine Säge an, und sägen ihn bis zum Gewinde durch. Darauf trennen wir das bezeichnete Drittel *(utzy)* von

اللولب ايضا فى الجهة الاخرى فترتفع الخشبة وتقلع
القرمية ويبدل الجسم المعصور حتى يخرج كلّ شىء فيه
من الرطوبات ⊙

[٢٠] وقد تكون آلة اخرى بلولب واحد وذلك
بان نعمل على المائدة قائمتين تحمل[1] الخشبة المعترضة 5
التى فيها الحفر اللولبى * الانثى وليكن الحفر اللولبىّ[2]
فى وسط هذه الخشبة ثم يدخل اللولب فى هذا الحفر
ويدوّر بالاوتاد التى فى الفلكة حتى ينحطّ اللولب على
اللوح المركّب على الغالاغرا فيكبّسه فتسيل الرطوبات وقد
ينبغى ان نتعاهد بالشدّ مرّة بعد مرّة حتى لا يبقى فى 10
الجسم المعصور من الرطوبات شىء ⊙ وقد تكون من
المعاصر اجناس اخر غير هذه كثيرة لم نر ان نكتبها لانها
قد كثر استعمالها عند العامّة وخلقت عندهم وهى دون
هذه التى ذكرناها فى الفعل ⊙

[٢١] فامّا اللولب الانثى فانّه يعمل على هذه الجهة 15
تؤخذ خشبة صلبة يكون طولها اكثر من مثلى اللولب
الانثى * ونثخنها مساو للّولب الانثى[3] ونعمل فى الجهة
الواحدة فى نصف طول الخشبة لولبا على ما قدمنا صفته
وليكن عمق الدوائر اللولبية فيه كعمق دوائر اللولب
الذى نريد ان نديره فى هذا اللولب الانثى ونخرط من 20

1) K على 2) C om. 3) C om.

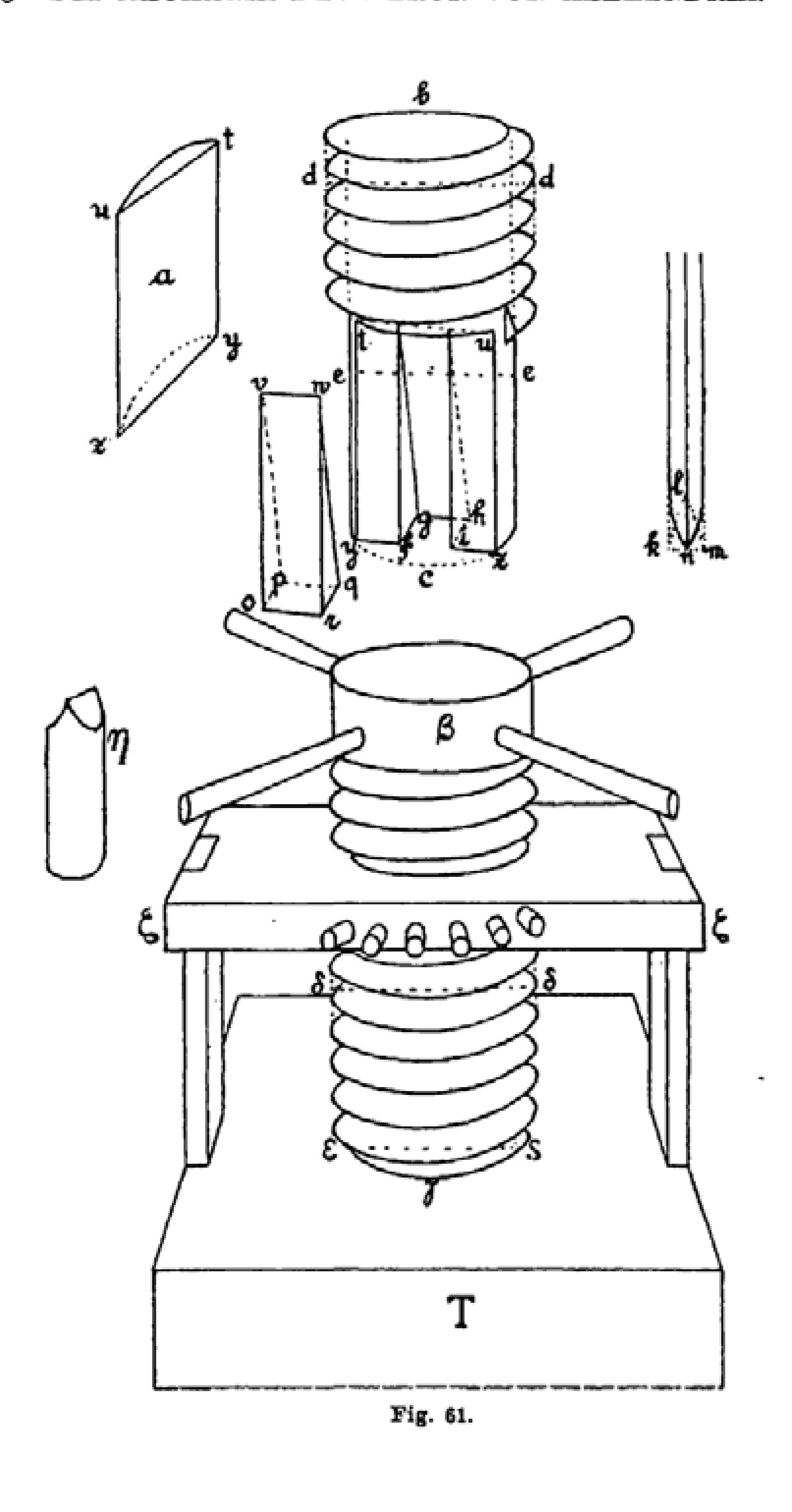



Fig. 61.

الجهة الاخرى قدر ثخن الدوائر اللولبية حتى تصيّره
كوتد متساوى الثخن ونخرج قطر[1] قاعدة[1] الخشبة
ونقسمه[2] بثلاثة اقسام متساوية ونخرج على علامة
واحدة من علامتى القسمة خطا قائما على القطر ثم
نخرج من طرفى الخط القائم على ذلك القطر فى طول 5
الوتد كلّه خطّين قائمين وذلك يتهيأ لنا اذا وضعنا
هذا الوتد على لوح قائم وخططناه بالكلبتين[3] الى ان
ننال الحفر اللولبىّ ثم نتلطف بمنشار دقيق حتى ننشر
ما يلى الحفر اللولبى ثم نفصل هذا الثلث المرسوم من
الوتد ونفرض فى الجزئين الباقيين فى وسطهما حفرا 10
ميزابيّا فى كلّ الطول يكون قدر نصف الثخن الباقى ثم
ناخذ قضيبا من حديد فنديره على الدوائر اللولبيّة ثم
نركّبه على الوتد الذى الحفر فيه ثم نصير طرفه فى الدوائر
اللولبيّة بعد ان نشدّ القطعتين جميعا شدّا جيدا حتى
يلتأم[4] احداهما الى الاخرى ولا يكون بينهما خلل بتّة 15
ثم نتّخذ اسفينا صغيرا فندخله فى الحفر الميزابى ونضربه
الى ان يخرج القضيب الحديد فيقع بين القطعتين[5] فاذا
فعلنا ذلك ركّبنا اللولب فى خشبة محفورة فيها ثقب

1) Codd. dual. 2) Codd. ونقسم كل واحد منها 3) B بالكاسكر LK بالمكايس C بالكايس 4) BC يلزم
5) Codd. قضبتين

dem Pflocke ab und graben mitten in die beiden übrigen Teile eine kanalartige Grube *(fghi)* der ganzen Länge nach, halb so tief als die übrige Dicke. Darauf nehmen wir einen Eisenstab *(lknm)* und drehen ihn gemäſs den Schraubenwindungen. Hiernach befestigen wir ihn auf 5 dem Pflock *(ee)*, in welchem die Grube ist, und bringen sein (stumpfes) Ende an das (bei *u* aufhörende Holz-)Gewinde, nachdem wir die beiden Stücke (das abgesägte und das ausgehöhlte) fest verbunden haben, so daſs eins am andern haftet und durchaus kein Zwischenraum zwischen 10 ihnen bleibt. Dann nehmen wir einen kleinen Keil *(opqrvw)*, führen ihn in die kanalartige Grube ein und schlagen ihn, bis er den eisernen Stab heraustreibt, und zwischen die beiden Teile fällt. Wenn wir dies gethan haben, fügen wir die Schraube in ein durchbohrtes Holz ($\zeta$, $\zeta$) ein, 15 worin sich ein vollständig gerades Loch, vom Maſs der Dicke der Schraube *(dd)* befindet. Dann bohren wir in die Wände dieses weiten Loches kleine, nebeneinanderstehende Löcher, setzen kleine, schiefe, runde Zapfen ($\eta$) hinein, und lassen diese so tief eindringen, bis sie in 20 das Gewinde der Schraube eingreifen.*) Darauf nehmen wir das Holz ($T$), in welches wir die Mutterschraube bohren wollen, bohren ein dem Schraubenpflock *(ee)* entsprechendes Loch ($\varepsilon\varepsilon$) in dasselbe und verbinden dieses Holz mit demjenigen, in welches wir die Schraube ein- 25 gefügt haben, durch zwei Pfosten, die wir vollkommen befestigen. Dann setzen wir den Pflock ($\gamma$), in welchem der Keil ist, in das Loch ($\varepsilon\varepsilon$), welches sich in dem zur Mutterschraube zu bohrenden Holze ($T$) befindet, bohren in das obere Ende ($\beta$) der Schraube Löcher, in die 30 wir Speichen einsetzen und drehen sie, bis er (der Pflock $\gamma$) in das Holz eindringt. Wir hören nicht auf, sie auf und ab zu drehen und den Keil immer wieder anzutreiben**), bis die Mutterschraube so gebohrt ist, wie wir es beabsichtigen. Dann haben wir die Mutterschraube gebohrt. 35

*) Um der Holzschraube als Führung zu dienen.
**) Nachdem man das ganze Gestell umgekippt hat.

مستقصى الاستواء بقدر ثخن اللولب ثم نثقب فى جوانب
هذا الحفر الواسع ثقبا صغارا متوالية ونركّب فيها اوتادا
صغارا مائلة مستديرة وننفذها الى ان تقع فى دوائر اللولب
ثم ناخذ الخشبة التى نريد ان نحفر فيها اللولب الانثى
فنثقب فيها* ثقبا بقدر وتد اللولب ونصل بين هذه 5
الخشبة والخشبة[1] التى ركبنا فيها[2] اللولب بقائمتين
نشدّهما شدّا مستقصى ثم نركّب الوتد الذى فيه الاسفين
فى الحفر الذى فى الخشبة التى نريد ان نحفر فيها
اللولب الانثى ونثقب فى طرف اللولب الاعلى ثقبا نصيّر
فيها اوتادا فنديرها الى ان تنفذ فى الخشبة فلا نزال 10
نديرها صاعدا ونازلا ونتعاهد هذا الاسفين بالضرب مرّة
بعد مرّة حتى يحفر اللولب الانثى الحفر الذى نريد
فنكون قد حفرنا اللولب الانثى وهذا الشكل وبتمامه تم
الكتاب ⊙

1) CL om. 2) B om.

# HERONIS ALEXANDRINI
# MECHANICORUM FRAGMENTA

EDIDIT

GUILELMUS SCHMIDT

# HERONIS
# MECHANICORUM FRAGMENTA

## I, 1.

330 Vi *Τῇ δοθείσῃ δυνάμει τὸ δοθὲν βάρος κινῆσαι διὰ τυμπάνων ὀδοντωτῶν παραθέσεως.*

*Κατεσκευάσθω πῆγμα καθάπερ γλωσσόκομον· εἰς τοὺς μακροὺς καὶ παραλλήλους τοίχους διακείσθωσαν ἄξονες παράλληλοι ἑαυτοῖς ἐν διαστήμασι κείμενοι ὥστε τὰ συμφυῆ αὐτοῖς ὀδοντωτὰ τύμπανα παρα-* 5

1060 Hu. *Τῆς αὐτῆς δέ ἐστιν θεωρίας τὸ δοθὲν βάρος τῇ δοθείσῃ δυνάμει κινῆσαι· τοῦτο γὰρ Ἀρχιμήδους μὲν εὕρημα λέγεται μηχανικόν, ἐφ' ᾧ λέγεται εἰρηκέναι· δός μοι, φησί, ποῦ στῶ καὶ κινῶ τὴν γῆν. Ἥρων δὲ ὁ Ἀλεξανδρεὺς πάνυ σαφῶς αὐτοῦ τὴν κατασκευὴν ἐξέθετο ἐν τῷ καλουμένῳ Βα-* 10 *ρουλκῷ, λῆμμα λαβὼν ὅπερ ἐν τοῖς Μηχανικοῖς ἀπέδειξεν, ἔνθα καὶ περὶ τῶν ε' δυνάμεων διαλαμβάνει, τουτέστιν τοῦ τε σφηνὸς καὶ μοχλοῦ καὶ κοχλίου καὶ πολυσπάστου καὶ ἄξονος ἐν τῷ περιτροχίῳ, δι' ὧν τὸ δοθὲν ⟨βάρος τῇ δο-θείσῃ⟩ δυνάμει κινεῖται καθ' ἑκάστην δύναμιν. ἐν δὲ τῷ* 15 *Βαρουλκῷ διὰ τυμπάνων ὀδοντωτῶν παραθέσεως ἐκίνει τὸ δοθὲν βάρος τῇ δοθείσῃ δυνάμει, τῆς διαμέτρου τοῦ τυμπάνου πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ ἄξονος λόγον ἐχούσης ὃν ε' πρὸς α', τοῦ κινουμένου βάρους ὑποκειμένου ταλάντων χιλίων, ⟨τῆς δὲ κινούσης δυνάμεως ὑποκειμένης⟩ ταλάντων ε'.* 20

*Ἔστω δὴ ἡμᾶς ἐπὶ διπλασίου λόγου τὸ αὐτὸ δεικνύναι καὶ ταλάντων ρξ' ὄντος τοῦ κινουμένου βάρους ἀντὶ χιλίων καὶ τῆς κινούσης αὐτὸ δυνάμεως ὑποκειμένης ταλάντων δ'* |

# DIE MECHANIK
# DES HERON VON ALEXANDRIA
NACH DEN
## GRIECHISCHEN FRAGMENTEN

### I, 1.

Das gegebene Gewicht mit der gegebenen Kraft durch Anbringung von gezahnten Wellen in Bewegung zu setzen.

**Der Barulkos (Hebewinde). Fig. 62.**

Man fertige einen Rahmen in Form eines Kastens 5 an. In seine parallelen Längswände stecke man quer parallele Achsen in solchen Entfernungen von einander, daſs die mit ihnen verbundenen Zahnräder neben einander liegen und in einander greifen, wie wir zeigen wollen.

Der erwähnte Rahmen sei $\alpha\beta\gamma\delta$ (Fig. 62); darin 10 bringe man quer, wie angegeben, eine leicht drehbare

---

Exstat Heron. op. III extr. (Dioptra 37); ibi apparatum criticum conferas. vid. etiam supra p. 2—6, et Vincent *Not. et extr. des manus.rits* XIX, 2, 330.

2 παραθέσεως scripsi: παραθέσεων M (= Parisin. suppl. 607 s. XI, contulit H. Schoene)

---

Exstat apud Pappum ed. Hultsch p. 1060—1068, ubi apparatum criticum conferas. plurima sive seclusit sive inseruit Hultschius, pauca corr. Vincent.

*κεῖσθαι καὶ συμπεπλέχθαι ἀλλήλοις, καθὰ μέλλομεν δηλοῦν.*

*Ἔστω τὸ εἰρημένον γλωσσόκομον τὸ ΑΒΓΔ, ἐν ᾧ ἄξων ἔστω διακείμενος, ὡς εἴρηται, καὶ δυνάμενος εὐλύτως στρέφεσθαι ὁ ΕΖ. τούτῳ δὲ συμφυὲς ἔστω* 5 *τύμπανον ὠδοντωμένον τὸ ΗΘ ἔχον τὴν διάμετρον, εἰ τύχοι, πενταπλασίονα ⟨τῆς⟩ τοῦ ΕΖ ἄξονος διαμέτρου. καὶ ἵνα ἐπὶ παραδείγματος τὴν κατασκευὴν ποιησώμεθα, ἔστω τὸ μὲν ἀγόμενον βάρος ταλάντων χιλίων, ἡ δὲ κινοῦσα δύναμις ἔστω ταλάντων ε΄, του-* 10 *τέστιν ὁ κινῶν ἄνθρωπος ἢ παιδάριον, ὥστε δύνασθαι καθ' ἑαυτὸν ἄνευ μηχανῆς ἕλκειν τάλαντα ε΄. οὐκοῦν ἐὰν τὰ ἐκ τοῦ φορτίου ἐνδεδεμένα ὅπλα διά τινος ⟨ὀπῆς οὔσης⟩ ἐν τῷ ΑΒ τοίχῳ ἐπειληθῇ περὶ τὸν ΕΖ ἄξονα, †κατειλούμενα τὰ ἐκ τοῦ φορτίου ὅπλα κινήσει* 15 *τὸ βάρος. ἵνα δὲ κινηθῇ τὸ ΗΘ τύμπανον, . . . μει* 332 *ὑπάρχειν πλέον ταλάν|των διακοσίων διὰ τὸ τὴν διάμετρον τοῦ τυμπάνου τῆς διαμέτρου τοῦ ἄξονος, ὡς*

1062 *ἀντὶ ε΄, τουτέστιν ὁ κινῶν ἄνθρωπος δυνάσθω καθ' αὑτὸν ἄνευ μηχανῆς ἕλκειν τάλαντα δ΄, καὶ ἔστω τὸ εἰρημένον ὑπ'* 20 *αὐτοῦ γλωσσόκομον τὸ ΑΒΓΔ, καὶ ἐν αὐτῷ εἰς τοὺς μακροὺς καὶ παραλλήλους τοίχους ἔστω ἄξων διακείμενος εὐλύτως στρεφόμενος ὁ ΕΖ. τούτῳ δὲ συμφυὲς ἔστω τύμπανον ὠδοντωμένον [ἀκτῖσιν ὀδοντωτοῖς] τὸ ΗΘ ἔχον τὴν διάμετρον διπλασίαν τῆς διαμέτρου [τῆς ΕΖ διαγωνίου] τοῦ ἄξονος* 25 *τῆς κατὰ κρόταφον. [γίνεται γὰρ τετράγωνος μὲν περὶ μέσον ἐπὶ τοσοῦτον μῆκος, ὅσον ἐστὶν τὸ πάχος τοῦ τυμπάνου εἰς ὃ ἐναρμόζεται ἀσφαλῶς, στρογγύλος δέ πως ἢ λελοιφωμένος ἐκ τῶν ἐφ' ἑκάτερα τοῦ τυμπάνου μερῶν.] ἐὰν ἄρα τὰ ἐκ τοῦ βάρους τοῦ ἑλκομένου δεδεμένα σχοινία, καλούμενα δὲ* 30 *ὅπλα διά τινος ὀπῆς [μᾶλλον δὲ ἀνατομῆς πλατείας] οὔσης ἐν τῷ ΑΒ τοίχῳ ἐπειληθῇ περὶ τὸν ΕΖ ἄξονα [ἐφ' ἑκάτερα τοῦ ΗΘ τυμπάνου] καὶ στραφῇ τὸ ΗΘ τύμπανον, τοῦτο* 1064 *ἐπιστρέψει καὶ τὸν συμφυῆ ἄξονα κινού|μενον περὶ τὰ ἄκρα ἐν δακτύλοις χαλκοῖς καὶ πυξίσιν ὁμοίως χαλκαῖς ⟨μὴ⟩ κινου-* 35 *μέναις, κειμέναις δ' ἐν τοῖς εἰρημένοις ΑΒ, ΓΔ τοίχοις.*

Achse $\varepsilon\zeta$ an. Mit dieser sei ein Zahnrad $\eta\vartheta$ verbunden, welches etwa den fünffachen Durchmesser von dem der Achse $\varepsilon\zeta$ habe.

Um die Einrichtung an einem Beispiele zu erläutern, 5 so betrage die zu bewegende Last 1000 Talente, die be-

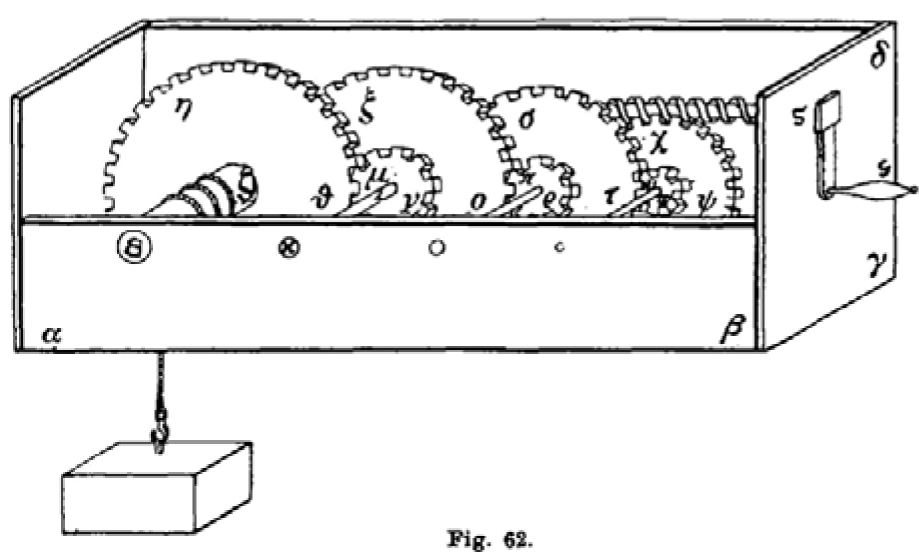



Fig. 62.

wegende Kraft dagegen 5 Talente, d. h. der Mensch oder der Knabe, welcher imstande ist, allein ohne Maschine 5 Talente emporzuziehen. Wenn nun die an die Last

---

7 τῆς add. Vi(ncent) 11 ὥστε: deleri iubet R. Schoene δυνάσθω secundum Pappum idem 12 εἴκειν M, corr. Vi 13 f. ἐκδεδεμένα 14 ὀπῆς οὔσης Pappus ἐπιλήθη M, corr. Vi 16 κατειλούμενα: f. ἐπειλούμενα ὅπλα κινήσει Pappus: επλακων εν τισι M κατειλούμενα ... ὅπλα suspecta, f. del. 16 <ἔστω δυνά>μει H. Schoene: f. <δεήσει vel δεῖ τῇ δυνά>μει

---

28 λελοπημένος Vincent: σεσιμωμένος Hultsch 28—29 f. δέ πως καταλελειμμένος ἐκ κτέ. 35 μὴ addidi

ὑπεθέμεθα, πενταπλῆν ⟨εἶναι⟩. ταῦτα γὰρ ἀπεδείχθη ἐν ταῖς τῶν ε′ δυνάμεων ἀποδείξεσιν. ἀλλ' ⟨οὐκ⟩ ἔχομέν τι τὴν δύναμιν ταλάντων διακοσίων, ἀλλὰ πέντε. γεγονέτω ὁ ἕτερος ἄξων διακείμενος ⟨παράλ-λληλος⟩ τῷ ΕΖ ὁ ΚΛ ἔχων συμφυὲς τύμπανον ὠδοντω- 5 μένον τὸ ΜΝ. ὀδοντῶδες δὲ καὶ τὸ ΗΘ τύμπανον, ὥστε ⟨τοὺς ὀδόντας αὐτοῦ⟩ ἐναρμόζειν τοῖς ὀδοῦσι τοῦ ΜΝ τυμπάνου. τῷ δὲ αὐτῷ ἄξονι τῷ ΚΛ συμφυὲς ⟨ἔστω⟩ τύμπανον τὸ ΞΟ ἔχον ὁμοίως τὴν διάμετρον πενταπλασίονα τῆς τοῦ ΜΝ τυμπάνου δια- 10 μέτρου. διὰ δὴ τοῦτο δεήσει τὸν βουλόμενον κινεῖν διὰ τοῦ ΞΟ τυμπάνου τὸ βάρος ἔχειν δύναμιν ταλάντων μ′, ἐπειδήπερ τῶν σ′ ταλάντων τὸ πέμπτον ἐστὶ τάλαντα μ′. πάλιν οὖν παρακείσθω τύμπανον ὀδοντωθὲν ἕτερον ⟨τῷ ΞΟ⟩ τυμπάνῳ ὠδοντωμένῳ τὸ 15

ἐπειλούμενα δὲ τὰ ἐκ τοῦ βάρους ὃ καλεῖται φορτίον ὅπλα κινήσει τὸ βάρος. ἵνα δὲ κινηθῇ τὸ ΗΘ τύμπανον, δεήσει δύναμιν παρασχεῖν ταλάντων πλεῖον π′ διὰ τὸ τὴν διάμετρον τοῦ τυμπάνου τῆς διαμέτρου τοῦ ἄξονος εἶναι διπλασίαν· τοῦτο γὰρ πρόβλημά ἐστιν ὑπὸ Ἥρωνος δεικνύμενον ἐν τοῖς 20 Μηχανικοῖς. [καὶ ἄλλα πλεῖστα προβλήματα τῶν χρησιμωτάτων καὶ βιωφελῶν γέγραπται.] ἐπεὶ οὖν οὐκ ἔχομεν τὴν δοθεῖσαν δύναμιν ταλάντων π′, ἀλλὰ ταλάντων δ′, γεγονέτω ἕτερος ἄξων παρακείμενος παράλληλος τῷ ΕΖ ὁ ΚΛ ἔχων συμφυὲς τύμπανον ὠδοντωμένον τὸ ΜΝ, ὥστε τοὺς ὀδόντας 25 αὐτοῦ ἐναρμόζειν τοῖς ὀδοῦσι τοῦ ΗΘ τυμπάνου. τοῦτο δὲ γίνεται, ἐὰν ᾖ ὡς ἡ διάμετρος τοῦ ⟨ΗΘ⟩ τυμπάνου πρὸς τὴν διάμετρον τοῦ ΜΝ, οὕτως τὸ πλῆθος τῶν ὀδόντων τοῦ ΗΘ πρὸς τὸ πλῆθος τῶν ὀδόντων τοῦ ΜΝ. πῶς δὲ τοῦτο γίνεται, διὰ τῶν ἑξῆς δῆλον ἔσται. δοθὲν μὲν ἄρα ἐστὶν 30 καὶ τὸ ΜΝ τύμπανον. τῷ δ' αὐτῷ ἄξονι τῷ ΚΛ συμφυὲς ἔστω τύμπανον τὸ ΞΟ ἔχον τὴν διάμετρον διπλασίαν τῆς τοῦ ΜΝ τυμπάνου διαμέτρου. διὰ δὴ τοῦτο δεήσει τὸν βουλόμενον κινεῖν διὰ τοῦ ΞΟ τυμπάνου τὸ βάρος ἔχειν δύναμιν ταλάντων μ′, ἐπειδήπερ τὰ π′ τάλαντα διπλάσιά ἐστιν 35 τῶν μ′ ταλάντων. πάλιν δὲ παρακείσθω τῷ ΞΟ τυμπάνῳ

gebundenen Seile durch ein in der Wand $\alpha\beta$ befindliches
Loch um die Achse $\varepsilon\zeta$ gewickelt werden, so werden sie
dadurch, daſs sie sich aufwickeln, die Last bewegen. Da-
mit sich aber die Welle $\eta\vartheta$ bewege, werden der Kraft
5 mehr als 200 Talente zur Verfügung stehen müssen, da
gemäſs der Voraussetzung der Durchmesser der Welle das
Fünffache des Durchmessers der Achse ausmacht. Dies
ist nämlich in den Beweisen zu den 5 einfachen Maschinen
dargethan. Nun haben wir aber gar nicht die Kraft von
10 200 Talenten, sondern nur 5. Darum stelle man eine
andere Achse $\varkappa\lambda$ quer auf, der Achse $\varepsilon\zeta$ parallel und
versehen mit der gezahnten Welle (dem Getriebe) $\mu\nu$.
Auch $\eta\vartheta$ sei (derart) gezahnt, daſs seine Zähne in die
der Welle $\mu\nu$ greifen. Auf derselben Achse $\varkappa\lambda$ sei eine
15 Welle $\xi o$ befestigt, deren Durchmesser ebenfalls fünfmal
so groſs sei als der von dem Rade $\mu\nu$. Wer also die Last
mit Hilfe der Welle $\xi o$ heben will, wird daher eine Kraft
von 40 Talenten haben müssen, da 40 Talente der fünfte
Teil von 200 Talenten sind. Nun setze man neben die
20 gezahnte Welle $\xi o$ ein anderes Zahnrad (Getriebe) $\pi\varrho$,
welches mit einer anderen Achse verbunden ist[1]), und
mit derselben Achse sei wieder ein anderes Rad $\sigma\tau$ ver-
bunden, dessen Durchmesser ebenfalls fünfmal so groſs
ist als der Durchmesser des Getriebes $\pi\varrho$. Die Kraft aber,

---

1) Die Worte 'welches . . . ist' sind aus Pappus zugesetzt.

---

1 *εἶναι* add. Vi 2 *οὐκ* add. Vi, ⟨*ἐπεὶ οὐκ*⟩ R. Schoene 4 ὁ: f. *οὖν* (= ⸮) 4—5 *παράλληλος* inseruit Vi 6 f. *δ' ἔστω* 7 ⟨*τοὺς ὀδόντας αὐτοῦ*⟩ add. Pappus *ὀδοντώσεσι* M, corr. Vi 9 *ἔστω* Pappus 15 *τῷ* Ξ*O* inserui

*ΠΡ συμφυὲς ⟨ἑτέρῳ ἄξονι· τῷ δ' αὐτῷ ἄξονι⟩ ἕτερον συμφυὲς ⟨τὸ ΣΤ⟩ ἔχον ὁμοίως πενταπλῆν τὴν διάμετρον τῆς ⟨τοῦ⟩ ΠΡ τυμπάνου διαμέτρου. ἡ δὲ ⟨δύναμις ἡ δι⟩ὰ τοῦ ΣΤ τυμπάνου [ἡ] ἕλκουσα τὸ βάρος ταλάντων η'. ἀλλ' ἡ ὑπάρχουσα ἡμῖν δύναμις δέδοται ταλάντων ε'. ὁμοίως ἕτερον παρακείσθω τύμπανον ὀδοντωθέν, τὸ ΥΦ τῷ ΣΤ ὀδοντωθέν⟨τι· τῷ⟩ δὲ τοῦ ΥΦ τυμπάνου ἄξονι συμφυὲς ἔστω τύμπανον τὸ ΧΨ ὠδοντωμένον, οὗ ἡ διάμετρος πρὸς τὴν τοῦ ΥΦ τυμπάνου διάμετρον λόγον ἐχέτω ὃν τὰ ὀκτὼ τάλαντα πρὸς τὰ τῆς δοθείσης δυνάμεως τάλαντα ε'. καὶ τούτων κατασκευασθέντων ἐὰν ἐπινοήσωμεν τὸ ΑΒΓΔ ⟨γλωσσόκομον⟩ μετέωρον κείμενον καὶ ἐκ μὲν τοῦ ΕΖ ἄξονος τὸ βάρος ἐξάψωμεν, ἐκ δὲ τοῦ ΧΨ*

1066 *ὀδοντωθέντι | ἕτερον τύμπανον ὠδοντωμένον τὸ ΠΡ συμφυὲς ἑτέρῳ ἄξονι, τῷ δ' αὐτῷ ἄξονι ἕτερον συμφυὲς τύμπανον τὸ ΣΤ ἔχον μὲν ὁμοίως διπλασίαν τὴν διάμετρον τῆς τοῦ ΠΡ τυμπάνου διαμέτρου, τοὺς δὲ ὀδόντας μὴ συμπλεκομένους τοῖς ὀδοῦσι τοῦ ΜΝ τυμπάνου· ἡ ἄρα διὰ τοῦ ΣΤ τυμπάνου κινοῦσα τὸ βάρος δύναμις ἔσται ταλάντων κ'. ἦν δὲ ἡ δοθεῖσα δύναμις ταλάντων δ'. δεήσει οὖν πάλιν ἕτερον μὲν τύμπανον ὠδοντωμένον τὸ ΥΦ παρακεῖσθαι τῷ ΣΤ ὀδοντωθέντι, τῷ δὲ ἄξονι τοῦ ΥΦ τυμπάνου συμφυὲς γενέσθαι τὸ ΧΨ ὠδοντωμένον, οὗ ἡ διάμετρος πρὸς τὴν τοῦ ΥΦ τυμπάνου διάμετρον λόγον ἐχέτω ὃν τὰ β' πρὸς α'. ἡ ἄρα κινοῦσα τὸ βάρος δύναμις διὰ τοῦ ΧΨ τυμπάνου ἔσται ταλάντων ⟨ι'⟩. πάλιν δὴ παρακείσθω μὲν τῷ ΧΨ τυμπάνῳ ἕτερον τύμπανον ὠδοντωμένον τὸ ϙϡ, τῷ δὲ ἄξονι αὐτοῦ τύμπανον ἔστω συμφυὲς* $\overset{\alpha}{M}\overset{\beta}{M}$ *ὠδοντωμένον ὀδοῦσιν λοξοῖς, οὗ ἡ διάμετρος πρὸς τὴν τοῦ ϙϡ διάμετρον λόγον ἐχέτω ὃν ἔχει τὰ ι' τάλαντα πρὸς τὰ τῆς δοθείσης δυνάμεως τάλαντα δ'. καὶ τούτων κατασκευασθέντων ἐὰν ἐπινοήσωμεν τὸ ΑΒΓΔ γλωσσόκομον μετέωρον κείμενον ἀμεταστάτως καὶ ἐκ μὲν τοῦ ΕΖ ἄξονος βάρος ἐξάψωμεν, ἐκ δὲ τοῦ* $\overset{\alpha}{M}\overset{\beta}{M}$ *τυμπάνου τὴν ἕλκουσαν δύναμιν τὰ δ' τάλαντα, οὐδοπότερον αὐτῶν κατ-*

welche die Last vermittelst der Welle στ anzieht, wird sich auf 8 Talente belaufen. Allein die uns zur Ver-

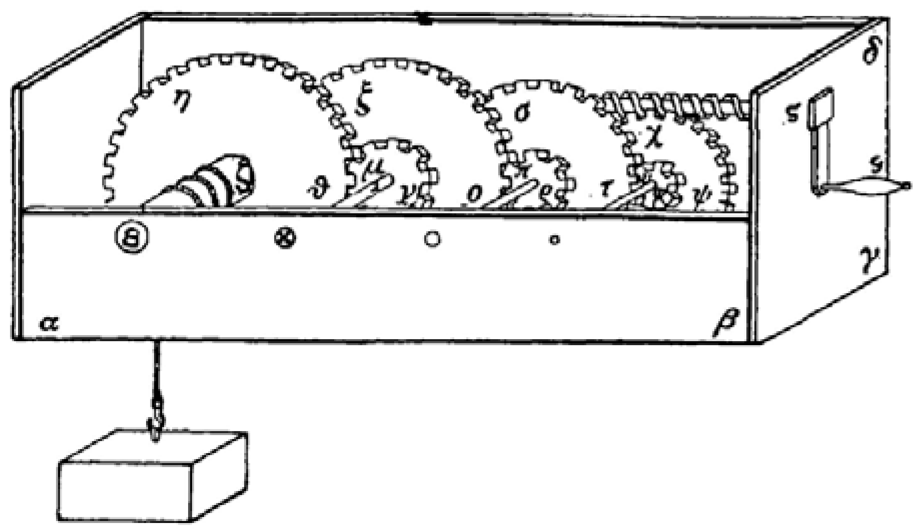



Fig. 62.

fügung stehende Kraft ist nur in der Stärke von 5 Talenten gegeben. In ähnlicher Weise setze man noch ein
5 anderes Zahnrad (Getriebe) υφ[1]) neben das Zahnrad στ.

1) Von hier ab weicht die arabische Überlieferung wesentlich ab (vgl. S. 6, 4 ff.), in den Buchstaben schon vorher. Ob die griechische Fassung Heronisch ist, darüber vgl. F. Knauff *Die Physik des Heron von Alexandria.* Progr. Berlin 1900 S. 13. Pappus ist sicher erweitert. Die Figur zu Pappus s. bei Hultsch.

1 *συμφυῆ* M *ἑτέρῳ ... ἄξονι* add. Pappus 2 *τὸ ΣΤ* Pappus 3 *τοῦ* Pappus 4 *δύναμις* add. Pappus ⟨*ἡ δι*⟩ ipse addidi $\overline{\varepsilon\tau}$ M, corr. Vi *ἡ* seclusi *ἕλκουσα* scripsi: *ἔχουσα* M 5 f. *βάρος* ⟨*ἔσται*⟩ 7 *ὀδοντωθέντος* M, correxi *τὸ* Vi: *οἱ δε τοῦ* M *τὸ* $\overline{\sigma\tau}$ M *ὀδοντωθὲν* M 9 *τοῦ* $\overline{\chi\psi}$ M, corr. Vi 11 *τὰ* Vi: *τε* M 13 *γλωσσόκομον* Pappus 14 *τοῦ ΧΨ*: *τῶ* $\overline{\chi\pi}$ M

18—19 *τοὺς δὲ ὀδόντας ... τυμπάνου* suspecta

τυμπάνου τὴν ἕλκουσαν δύναμιν, οὐδοπότερον αὐτῶν
334 κατενεχθήσεται εὐλύτως στρε|φομένων τῶν ἀξόνων καὶ
τῆς τῶν τυμπάνων παραθέσεως καλῶς ἁρμο⟨ζού⟩σης,
ἀλλ' ὥσπερ ⟨ἐπὶ⟩ ζυγοῦ τινὸς ἰσορροπήσει ἡ δύναμις
τῷ βάρει. ἐὰν δὲ ἑνὶ αὐτῶν προσθῶμεν ὀλίγον ἕτερον 5
βάρος, καταρρέψει καὶ ἐνεχθήσεται ἐφ' ὃ προσετέθη
βάρος, ὥστε ἐὰν ἓν ⟨τῇ⟩ τῶν ε' ταλάντων δυνάμει, εἰ
τύχοι, μναϊαῖον προστεθῇ βάρος, κατακρατήσει καὶ
ἐπισπάσεται τὸ βάρος.

Ἀντὶ δὲ τῆς προσθέσεως [τούτῳ δὲ] παρακείσθω 10
κοχλίας τῷ ΧΨ τυμπάνῳ ἔχων τὴν ἕλικα ἁρμοστὴν
τοῖς ὀδοῦσι τοῦ τυμπάνου στρεφόμενος εὐλύτως περὶ
τόρμους ἐνόντας ἐν τρήμασι στρογγύλοις, ὧν ὁ μὲν
ἕτερος ὑπερεχέτω εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος τοῦ γλωσσοκόμου
κατὰ τὸν ΓΔ ⟨τοῖχον τὸν παρακείμενον⟩ τῷ κοχλίᾳ· 15
ἡ ἄρα ὑπεροχὴ τετραγωνισθεῖσα λαβέτω χειρολάβην
τὴν ϙϛ, δι' ἧς ἐπιλαμβανόμενός τις καὶ ἐπιστρέφων

ενεχθήσεται εὐλύτως στρεφομένων τῶν ἀξόνων καὶ τῆς τῶν
τυμπάνων παραθέσεως ἀκριβῶς ἁρμοζούσης, ἀλλ' ὥσπερ ἐπὶ
ζυγοῦ τινος ἰσορροπήσει ἡ δύναμις τῶν δ' ταλάντων ⟨τῷ 20
βάρει τῶν ρξ' ταλάντων⟩. ἐὰν ἄρα ἑνὶ αὐτῶν προσθῶμεν
ὀλίγον τι βάρος, καταρρέψει καὶ ἐνεχθήσεται ἐφ' ὁπότερον
μέρος ἡ πρόσθεσις γεγένηται· εἰ γὰρ λόγου χάριν τῇ τῶν δ'
ταλάντων δυνάμει μναϊαῖον προστεθῇ βάρος, κατακρατῆσαν
ἐπισπάσεται τὸ βάρος τῶν ρξ' ταλάντων.

1068 Ἀντὶ δὲ τῆς προσθέσεως παρακείσθω κοχλίας | τῷ $\overset{\alpha}{M}\overset{\beta}{M}$ 25
τυμπάνῳ ὁ Ω͵Α ἔχων τὴν ἕλικα ἁρμόζουσαν τοῖς λοξοῖς
ὀδοῦσι τοῦ τυμπάνου τοῦ $\overset{\alpha}{M}\overset{\beta}{M}$. τοῦτο δὲ ὡς δεῖ ποιεῖν,
ἐν τοῖς αὐτοῖς Μηχανικοῖς Ἥρωνος γέγραπται, καὶ ἡμεῖς δὲ
τοῦτο σαφέστερον ἑξῆς γράψομεν. στρεφέσθω δὲ ὁ κοχλίας
εὐλύτως περὶ τόρμους ἐνόντας ἐν τρήμασι στρογγύλοις, ὧν 30
ὁ ἕτερος ὑπερεχέτω εἰς τὸ ἐκτὸς μέρος τοῦ γλωσσοκόμου κατὰ
τὸν ΓΔ τοῖχον, καὶ ἡ ὑπεροχὴ τετραγωνισθεῖσα λαβέτω χειρο-
λάβην ⟨τὴν⟩ ϛ͵Β, δι' ἧς ἐπιλαβόμενοι καὶ ἐπιστρέφοντες τὸν
κοχλίαν ἐπιστρέψομεν καὶ τὸ $\overset{\alpha}{M}\overset{\beta}{M}$ τύμπανον, ὥστε καὶ τὸ ϙ𐅃

Mit der Achse des Getriebes *υφ* sei ein Zahnrad *χψ* verbunden, dessen Durchmesser sich zu dem von *υφ* verhalte wie die 8 Talente zu den 5 Talenten der gegebenen Kraft. Wenn wir uns nun den Kasten *αβγδ* mit diesen Einrichtungen
5 hochgestellt denken und die Last an die Achsen *εζ* hängen, die ziehende Kraft aber an die Welle *χψ*, so wird keine von beiden sich senken, wenn auch die Achsen sich leicht drehen und die Räder genau an einander gepaſst sind, sondern wie bei einem Wagebalken wird die Kraft der
10 Last das Gleichgewicht halten. Fügen wir aber noch zu einem derselben ein kleines Gewicht, so wird dieses sich neigen und nach der Seite gehen, wo ein Gewicht hinzugethan wurde. Wird daher der Kraft der 5 Talente etwa ein Gewicht von einer Mine hinzugefügt, so wird sie
15 über die Last das Übergewicht bekommen und dieselbe anziehen.

Statt ein Gewicht hinzuzufügen, bringe man neben der Welle *χψ* eine Schraube mit einer Windung an, welche in die Zähne der Welle paſst. Die Schraube drehe sich
20 leicht um Zapfen, welche sich in runden Löchern befinden; von diesen rage der eine auſserhalb des Kastens auf seiten der Wand *γδ*, die neben der Schraube liegt, hervor. Der Überstand nun, welcher vierkantig gestaltet ist, erhalte eine Kurbel *ϙϛ*, mittelst welcher man, sobald man an-

---

3 *ἁρμοζούσης* scripsi: *ἁρμόσεις* M  4 *ἐπὶ* Pappus  *ἰσορρόπουσ εἴη δυνάμεως* M, corr. ex Pappo  7 *τῇ* ins. Pappus 10 *τούτῳ δὲ* delevi  13 *ἐνόντας* Pappus: *ἐν ἔ̌ασ* M  14 *ἐντὸς* M, corr. Vi  15 *τὴν* cod., corr. Vi  *τοῖχον … παρακείμενον* add. Vi  16 *τετραγωνεῖσθαι ἀλάσσεται* M, correxi ex Pappo  17 *ϙϛ* Vi: $\overline{\kappa\delta}$ M

*ἐπιστρέψει τὸν κοχλίαν καὶ τὸ ΧΨ τύμπανον, ὥστε καὶ τὸ ΥΦ συμφυὲς αὐτῷ. διὰ δὲ τοῦτο καὶ τὸ παρακείμενον τὸ ΣΤ ἐπιστραφήσεται καὶ τὸ συμφυὲς αὐτῷ τὸ ΠΡ καὶ τὸ τούτῳ παρακείμενον τὸ ΞΟ καὶ τὸ τούτῳ συμφυὲς τὸ ΜΝ καὶ τὸ τούτῳ παρακείμενον τὸ* 5 *ΗΘ, ὥστε καὶ ὁ τούτῳ συμφυὴς ἄξων ὁ ΕΖ, περὶ ὃν ἐπειλούμενα τὰ ἐκ τοῦ φορτίου ὅπλα κινήσει τὸ βάρος. ὅτι γὰρ κινήσει, πρόδηλον ἐκ τοῦ προστεθῆναι ἑτέραν δύναμιν ⟨τὴν⟩ τῆς χειρολάβης, ἥτις περιγράφει κύκλον τῆς τοῦ κοχλίου περιμέτρου μείζονα. ἀπεδείχθη* 10 *γὰρ ὅτι οἱ μείζονες κύκλοι τῶν ἐλασσόνων κατακρατοῦσιν, ὅταν περὶ τὸ αὐτὸ κέντρον κυλίωνται.*

## I, 11.

*Κατὰ δὲ τοὺς περὶ τὸν Ἥρωνα πῶς ἔστιν δυνατὸν δύο δοθεισῶν εὐθειῶν δύο μέσας ἀνάλογον λαβεῖν ὀργανικῶς, δείξομεν, ἐπειδήπερ ἐστὶν τὸ πρόβλημα* 15 *τοῦτο, καθά φησιν καὶ ὁ Ἥρων, στερεόν. ἐκθησόμεθα*

*συμφυὲς αὐτῷ. διὰ δὲ τοῦτο καὶ τὸ παρακείμενον αὐτῷ τὸ ΧΨ στραφήσεται· καὶ τὸ συμφυὲς αὐτῷ τὸ ΥΦ καὶ τὸ παρακείμενον αὐτῷ τὸ ΣΤ καὶ τὸ τούτῳ συμφυὲς τὸ ΠΡ καὶ τὸ τούτῳ παρακείμενον τὸ ΞΟ καὶ τὸ τούτῳ συμφυὲς* 20 *τὸ ΜΝ καὶ τὸ τούτῳ παρακείμενον τὸ ΗΘ, ὥστε καὶ ὁ τούτῳ συμφυὴς ἄξων ὁ ΕΖ, περὶ ὃν ἐπειλοῦντες ⟨τὰ⟩ ἐκ τοῦ φορτίου ὅπλα κινήσομεν τὸ βάρος. ὅτι γὰρ κινήσεται, δῆλον ἐκ τοῦ προστεθεῖσθαι ἑτέραν δύναμιν τὴν τῆς χειρολάβης, ἥτις περιγράφει κύκλον τῆς τοῦ κοχλίου περιμέτρου* 25 *μείζονα· ἀπεδείχθη γὰρ ἐν τῷ Περὶ ζυγῶν Ἀρχιμήδους καὶ τοῖς Φίλωνος καὶ Ἥρωνος Μηχανικοῖς, ὅτι οἱ μείζονες κύκλοι κατακρατοῦσιν τῶν ἐλασσόνων κύκλων, ὅταν περὶ τὸ αὐτὸ κέντρον ἡ κύλισις αὐτῶν γίνηται.*

### Ὡς Ἥρων 30

*ἐν Μηχανικαῖς εἰσαγωγαῖς καὶ ἐν τοῖς Βελοποιικοῖς.*

*Ἔστωσαν αἱ δοθεῖσαι δύο εὐθεῖαι αἱ ΑΒ, ΒΓ, ὧν δεῖ δύο μέσας ἀνάλογον εὑρεῖν. κείσθωσαν ὥστε ὀρθὴν γωνίαν*

faſst und dreht, die Schraube und die Welle χψ dreht, daher auch das damit verbundene (Getriebe) υφ. Die Folge ist, daſs sich auch das danebenliegende στ dreht, sowie das mit diesem verbundene (Getriebe) πϱ, das
5 neben πϱ gesetzte ξο, das mit diesem verbundene μν und das neben μν liegende ηϑ, daher auch die mit ηϑ verbundene Achse εζ. Wickeln sich um letztere von der Last aus die Seile, so bewegen sie dieselbe. Daſs sie nämlich wirklich die Bewegung herbeiführen, ist daraus
10 offenbar, daſs noch eine andere Kraft, nämlich die der Kurbel, hinzugethan ist, welche einen Kreis beschreibt, der gröſser ist als der Umfang der Schraube. Es ist nämlich nachgewiesen, daſs die gröſseren Kreise (= Wellen) über die kleineren das Übergewicht haben, wenn sie sich
15 um denselben Mittelpunkt drehen (rollen).

## I, 11.

**Das delische Problem.[1] (Würfelverdoppelung.) Fig. 63a u. b.**

Wir wollen jetzt zeigen, wie es nach Heron möglich ist mit Hilfe eines Instrumentes zu zwei gegebenen Geraden zwei mittlere Proportionalen zu finden,

1) Über das delische Problem vgl. Ambr. Sturm *Das delische Problem.* Progr. d. Gymnas. in Seitenstetten. Linz 1895/97.

2 τῇ $\overline{υφ}$ M, corr. Vi 6 ε ante $\overline{εζ}$ M, ὁ EZ scripsi 7 ἐπελαυνόμενα M: ἐπειλούμενα Vi: f. ἐπελισσόμενα 9 ἑτέρᾳ δυνάμει M, corr. Pappus τὴν Papp. η τη σπεριγραφη M, corr. ex Papp.
Exstat apud Papp. III, 62. 64 ed. Hu. cf. etiam Belop. 116—119 ed. We et Heron. op. II, fascic. 2.

Exstat apud Eutoc. comm. in lib. II de sphaera et cyl. Archim. op. III, 70. 72 Heib.

*δέ, φησίν, τῶν δείξεων τὴν μάλιστα πρὸς τὴν χειρουργίαν εὔθετον.*

*Ἔστωσαν γὰρ αἱ δοθεῖσαι εὐθεῖαι αἱ ΑΒ, ΒΓ πρὸς ὀρθὰς ἀλλήλαις κείμεναι, ὧν δεῖ δύο μέσας ἀνάλογον εὑρεῖν.*

*Συμπεπληρώσθω τὸ ΑΒΓΔ παραλληλόγραμμον, καὶ ἐκβεβλήσθωσαν αἱ ΔΓ, ΔΑ, καὶ ἐπεζεύχθωσαν αἱ ΔΒ, ΓΑ, καὶ παρακείσθω κανόνιον πρὸς τῷ Β σημείῳ καὶ κινείσθω | τέμνον τὰς ΓΕ, ΑΖ, ἄχρις οὗ ἡ ἀπὸ τοῦ Η ⟨ἀχθεῖσα⟩ ἐπὶ τὴν τῆς ΓΕ τομὴν ἴση γένηται τῇ ἀπὸ τοῦ Η ἐπὶ τὴν τῆς ΑΖ τομήν. γεγονέτω, καὶ ἔστω ἡ μὲν τοῦ κανονίου θέσις ἡ ΕΒΖ, ἴσαι δὲ αἱ ΕΗ, ΗΖ. λέγω οὖν ὅτι αἱ ΑΖ, ΓΕ μέσαι ἀνάλογόν εἰσιν τῶν ΑΒ, ΒΓ.*

*περιέχειν τὴν πρὸς τῷ Β, καὶ συμπεπληρώσθω τὸ ΒΔ παραλληλόγραμμον, καὶ ἐπεζεύχθωσαν αἱ ΑΓ, ΒΔ. [φανερὸν δή, ὅτι ἴσαι οὖσαι δίχα τέμνουσιν ἀλλήλας· ὁ γὰρ περὶ μίαν αὐτῶν γραφόμενος κύκλος ἥξει καὶ διὰ τῶν περάτων τῆς ἑτέρας διὰ τὸ ὀρθογώνιον εἶναι τὸ παραλληλόγραμμον.] ἐκβεβλήσθωσαν αἱ ΔΓ, ΔΑ [ἐπὶ τὰ Ζ, Η], καὶ νοείσθω κανόνιον ὡς τὸ ΖΒΗ κινούμενον περί τινα τύλον μένοντα πρὸς τῷ Β. καὶ κινείσθω, ἕως ἀποτέμοις ἴσας τὰς ἀπὸ*

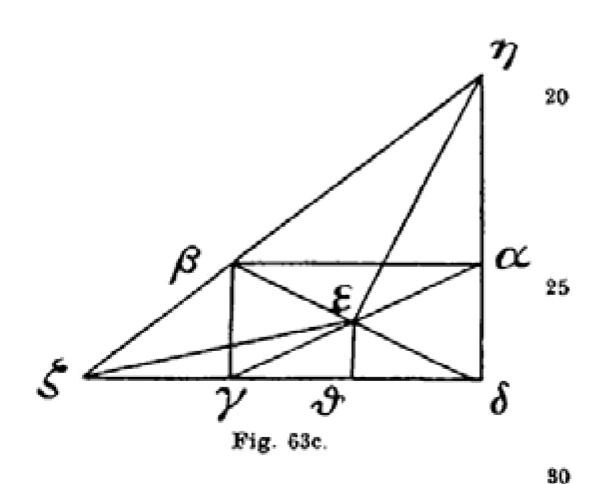


Fig. 63c.

*τοῦ Ε, τουτέστι τὰς ΕΗ, ΕΖ. καὶ νοείσθω ἀποτεμὸν καὶ θέσιν ἔχον τὴν ΖΒΗ ἴσων, ὡς εἴρηται, γινομένων τῶν ΕΗ, ΕΖ. [ἤχθω δὴ ἀπὸ τοῦ Ε ἐπὶ τὴν ΓΔ κάθετος ἡ ΕΘ. δίχα τέμνει δὴ δηλονότι τὴν ΓΔ. ἐπεὶ οὖν δίχα τέμνεται*

10 *ἀχθεῖσα* add. Hu(ltsch)

da ja diese Aufgabe, wie auch Heron sagt, stereometrisch ist. Wir wollen aber, sagt er, von den Beweisen denjenigen entwickeln, welcher am meisten für die praktische Ausführung sich eignet.

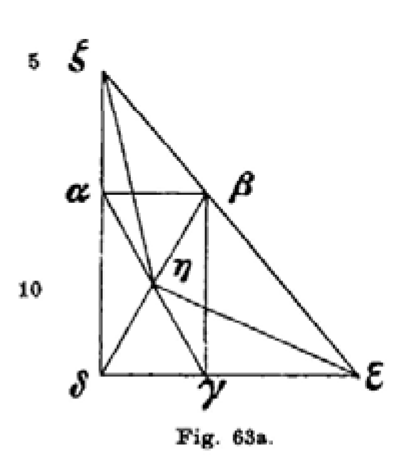


Fig. 63a.

Es seien $\alpha\beta$, $\beta\gamma$ (Fig. 63a), welche rechtwinklig zu einander liegen, die gegebenen Geraden, zu welchen zwei mittlere Proportionalen zu finden sind.

Man vervollständige das Parallelogramm $\alpha\beta\gamma\delta$, verlängere $\delta\gamma$, $\delta\alpha$ und verbinde $\delta\beta$, $\gamma\alpha$, halte ein Lineal an Punkt $\beta$ und drehe es so, daſs es $\gamma\varepsilon$, $\alpha\zeta$ schneidet, bis die von $\eta$ nach dem Schnitte von $\gamma\varepsilon$ gezogene Linie der von $\eta$ nach dem Schnitte von $\alpha\zeta$ gezogenen gleich ist. Das sei nun geschehen, und es sei die Lage des Lineals $\varepsilon\beta\zeta$, die gleichen Linien aber $\varepsilon\eta$, $\eta\zeta$. Ich behaupte also, daſs $\alpha\zeta$, $\gamma\varepsilon$ die mittleren Proportionalen zwischen $\alpha\beta$, $\beta\gamma$ sind.

Da nämlich das Parallelogramm $\alpha\beta\gamma\delta$ rechtwinklig ist, so sind die vier Geraden $\delta\eta$, $\eta\alpha$, $\eta\beta$, $\eta\gamma$ einander gleich. Da nun $\delta\eta = \alpha\eta$ ist und $\eta\zeta$ (von der Spitze des gleichschenkligen Dreieckes $\alpha\eta\delta$ nach der verlängerten Grundlinie) gezogen ist, so ist also

$$\delta\zeta \cdot \zeta\alpha + \alpha\eta^2 = \eta\zeta^2$$ [1])

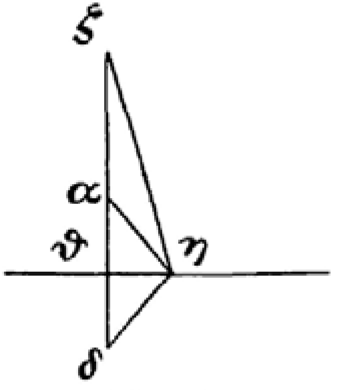


Fig. 63b.

1) Die Vervollständigung des von Heron übergangenen Hilfssatzes lautet nach Commandino (s. Hultsch

Ἐπεὶ γὰρ ὀρθογώνιόν ἐστιν τὸ ΑΒΓΔ παραλληλόγραμμον, αἱ τέσσαρες εὐθεῖαι αἱ ΔΗ, ΗΑ, ΗΒ, ΗΓ ἴσαι ἀλλήλαις εἰσίν. ἐπεὶ οὖν ἴση ἡ ΔΗ τῇ ΑΗ καὶ διῆκται ἡ ΗΖ, τὸ ἄρα ὑπὸ ΔΖΑ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΑΗ ἴσον ἐστὶν τῷ ἀπὸ ΗΖ. διὰ τὰ αὐτὰ δὴ καὶ τὸ ὑπὸ 5 ΔΕΓ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΓΗ ἴσον ἐστὶν τῷ ἀπὸ ΗΕ. καὶ εἰσὶν ἴσαι αἱ ΗΕ, ΗΖ. ἴσον ἄρα καὶ τὸ ὑπὸ ΔΖΑ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΑΗ τῷ ὑπὸ ΔΕΓ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΓΗ. ὧν τὸ ἀπὸ ΓΗ ἴσον ἐστὶν τῷ ἀπὸ ΗΑ. λοιπὸν ἄρα τὸ ὑπὸ ΔΕΓ ἴσον ἐστὶν τῷ ὑπὸ ΔΖΑ. ὡς ἄρα 10 ἡ ΕΔ πρὸς ΔΖ, ἡ ΖΑ πρὸς ΓΕ. ὡς δὲ ἡ ΕΔ πρὸς ΔΖ, ἥ τε ΒΑ πρὸς ΑΖ καὶ ἡ ΕΓ πρὸς ΓΒ, ὥστε ἔσται καὶ ὡς ἡ ΑΒ πρὸς ΑΖ, ἥ τε ΖΑ πρὸς ΓΕ καὶ ἡ ΓΕ πρὸς ΓΒ. τῶν ἄρα ΑΒ, ΒΓ μέσαι ἀνάλογόν εἰσιν αἱ ΑΖ, ΓΕ. 15

ἡ ΓΔ κατὰ τὸ Θ καὶ πρόσκειται ἡ ΓΖ, τὸ ὑπὸ ΔΖΓ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΓΘ ἴσον ἐστὶν τῷ ἀπὸ ΘΖ. κοινὸν προσκείσθω τὸ ἀπὸ ΕΘ. τὸ ἄρα ὑπὸ ΔΖΓ μετὰ τῶν ἀπὸ ΓΘ, ΘΕ ἴσον ἐστὶ τοῖς ἀπὸ ΖΘ, ΘΕ. καὶ ἔστι τοῖς μὲν ἀπὸ ΓΘ, ΘΕ ἴσον τὸ ἀπὸ ΓΕ, τοῖς δὲ ἀπὸ ΖΘ, ΘΕ ἴσον τὸ ἀπὸ 20 ΕΖ.] τὸ ἄρα ὑπὸ ΔΖΓ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΓΕ ἴσον τῷ ἀπὸ ΕΖ. ὁμοίως δὴ δειχθήσεται, ὅτι καὶ τὸ ὑπὸ ΔΗΑ μετὰ τοῦ ἀπὸ ΑΕ ἴσον ἐστὶ τῷ ἀπὸ ΕΗ. καὶ ἔστιν ἴση ἡ μὲν ΑΕ τῇ ΕΓ, ἡ δὲ ΗΕ τῇ ΕΖ. καὶ τὸ ὑπὸ ΔΖΓ ἄρα ἴσον ἐστὶν τῷ ὑπὸ ΔΗΑ. [ἐὰν δὲ τὸ ὑπὸ τῶν ἄκρων ἴσον 25 ᾖ τῷ ὑπὸ τῶν μέσων, αἱ τέσσαρες εὐθεῖαι ἀνάλογόν εἰσιν]· ἔστιν ἄρα, ὡς ἡ ΖΔ πρὸς ΔΗ, οὕτως ἡ ΑΗ πρὸς ΓΖ. ἀλλʼ ὡς ἡ ΖΔ πρὸς ΔΗ, οὕτως ἡ ΖΓ πρὸς ΓΒ, καὶ ἡ ΒΑ πρὸς ΑΗ. [τριγώνου γὰρ τοῦ ΖΔΗ παρὰ μίαν μὲν τὴν ΔΗ ἦκται ἡ ΓΒ, παρὰ δὲ τὴν ΔΖ ἡ ΑΒ]. ὡς ἄρα 30 ἡ ΒΑ πρὸς ΑΗ, οὕτως ἡ ΑΗ πρὸς ΓΖ, καὶ ἡ ΓΖ πρὸς ΓΒ. τῶν ἄρα ΑΒ, ΒΓ μέσαι ἀνάλογόν εἰσιν αἱ ΑΗ, ΓΖ. [ὅπερ ἔδει εὑρεῖν]·

Aus denselben Gründen ist also auch

$$\delta\varepsilon \cdot \varepsilon\gamma + \gamma\eta^2 = \eta\varepsilon^2.$$

Ferner ist (nach der Voraussetzung)

$$\eta\varepsilon = \eta\zeta.$$

5 Also ist auch

$$\delta\zeta \cdot \zeta\alpha + \alpha\eta^2 = \delta\varepsilon \cdot \varepsilon\gamma + \gamma\eta^2.$$

Davon ist

$$\alpha\eta^2 = \qquad\qquad \gamma\eta^2.$$

Es bleibt also übrig

10 $$\delta\zeta \cdot \zeta\alpha \qquad = \delta\varepsilon \cdot \varepsilon\gamma.$$

Also

$$\varepsilon\delta : \delta\zeta = \zeta\alpha : \gamma\varepsilon,$$

(ebenso wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke $\alpha\beta\zeta$, $\gamma\varepsilon\beta$ und $\delta\varepsilon\zeta$, welche je zwei Seiten parallel haben)

15 $$\varepsilon\delta : \delta\zeta = \beta\alpha : \alpha\zeta = \varepsilon\gamma : \gamma\beta,$$

daher auch

$$\alpha\beta : \alpha\zeta = \zeta\alpha : \gamma\varepsilon = \gamma\varepsilon : \gamma\beta.$$

Also sind $\alpha\zeta$, $\gamma\varepsilon$ die mittleren Proportionalen zwischen $\alpha\beta$, $\beta\gamma$.

---

Papp. II, 65): Zieht man $\eta\vartheta$ (Fig. 63b), so ist nach Eucl. Elem. II, 6 (I, 132 Heib.)*) und Herons Kommentar dazu (Anaritius ed. Curtze p. 96).

$$\begin{aligned}
\delta\zeta \cdot \zeta\alpha + \alpha\vartheta^2 &= \zeta\vartheta^2 \\
\eta\vartheta^2 &= \eta\vartheta^2 \\
\delta\zeta \cdot \zeta\alpha + \alpha\vartheta^2 + \eta\vartheta^2 &= \zeta\vartheta^2 + \eta\vartheta^2 \\
\alpha\vartheta^2 + \eta\vartheta^2 &= \alpha\eta^2 \\
\zeta\vartheta^2 + \eta\vartheta^2 &= \zeta\eta^2 \\
\delta\zeta \cdot \zeta\alpha + \alpha\eta^2 &= \eta\zeta^2.
\end{aligned}$$

---

*) Der Satz lautet: Wenn eine gerade Linie ($= \alpha\delta$) in zwei gleiche Teile ($\alpha\vartheta = \vartheta\delta$) zerlegt und ihr in gerader Richtung eine andere Gerade ($= \alpha\zeta$) hinzugefügt wird, so ist die Summe des Rechtecks, welches einerseits von der Summe jener Geraden und der angefügten Geraden ($\delta\alpha + \alpha\zeta = \delta\zeta$) und andrerseits von dieser letzteren ($= \alpha\zeta$) gebildet wird, und des Quadrates der halbierten Linie ($= \alpha\vartheta$) gleich dem Quadrate einer Linie, welche aus der halbierten ($= \alpha\vartheta$) und der angefügten Geraden ($= \alpha\zeta$) zusammengesetzt ist (also $\alpha\vartheta + \alpha\zeta = \zeta\vartheta$). D. h. also $(2a + b)b + a^2 = (a + b)^2$.

## II, 1.

*Τοσαῦτα μὲν οὖν περὶ τοῦ Βαρουλκοῦ, τῶν δὲ προειρημένων ε' δυνάμεων ἐκ τῶν Ἥρωνος τὴν ἔκ-* 1116 *θεσιν | ἐπιτομώτερον ποιησόμεθα πρὸς ὑπόμνησιν τῶν φιλομαθούντων προσθέντες ἔτι καὶ ⟨τὰ⟩ περὶ τῆς μονοκώλου καὶ δικώλου καὶ τρικώλου καὶ τετρακώλου* 5 *μηχανῆς ἀναγκαίως λεγόμενα, μή ποτε καὶ τῶν βιβλίων ἐν οἷς ταῦτα γέγραπται ἀπορία γένηται τῷ ζητοῦντι. καὶ γὰρ ἡμεῖς κατὰ πολλὰ μέρη διεφθαρμένοις ἐνετύχομεν ἀνάρχοις τε καὶ ἀτελέσι βιβλίοις.*

*Πέντε τοίνυν οὐσῶν δυνάμεων δι' ὧν τὸ δοθὲν* 10 *βάρος τῇ δοθείσῃ βίᾳ κινεῖται, ἀναγκαῖόν ἐστιν τά τε σχήματα αὐτῶν καὶ τὰς χρείας, ἔτι δὲ καὶ τὰ ὀνόματα ἐκθέσθαι. ἀποδέδοται δὲ ὑπὸ τοῦ Ἥρωνος καὶ Φίλωνος καὶ διότι αἱ προειρημέναι δυνάμεις εἰς μίαν ἄγονται φύσιν, καίτοι παρὰ πολὺ διαλλάσσουσαι τοῖς* 15 *σχήμασιν. ὀνόματα μὲν οὖν ἐστιν τάδε· ἄξων ἐν περιτροχίῳ, μοχλός, πολύσπαστον, σφὴν καὶ πρὸς τούτοις ὁ καλούμενος ἄπειρος κοχλίας.*

*Ὁ μὲν οὖν ἄξων ὁ ἐν τῷ περιτροχίῳ κατασκευάζεται οὕτως. ξύλον δεῖ λαβεῖν εὔτονον τετράγωνον* 20 *καθάπερ δοκίδα καὶ τούτου τὰ ἄκρα σιμώσαντα στρογγύλα ποιῆσαι καὶ χοινικίδας περιθεῖναι χαλκᾶς συναρμοζούσας τῷ ἄξονι, ὥστε ἐμβληθείσας αὐτὰς εἰς τρήματα στρογγύλα ἐν ἀκινήτῳ τινὶ πήγματι εὐλύτως στρέφεσθαι, τῶν τρημάτων τριβεῖς χαλκοῦς ἐχόντων* 25

---

Exstat apud Papp. VIII, 1114 sqq.

4 τὰ add. Hu 6 λεγομένων A (= Vatican. gr. 218 s. XII), corr. Hu 13 ἀποδέδοται A: ἀποδέδεικται Hu 16 f. ⟨ὁ⟩ ἐν 21 σιμώσαντα Hu: ἡλώσαντα A 24 f. ⟨ὄντα⟩ ἐν

## II, 1.

Soviel also über die Hebewinde (Barulkos). Die oben erwähnten fünf einfachen Maschinen wollen wir aber kürzer nach Herons Schriften auseinandersetzen, indem wir zwecks Unterweisung der Lernbegierigen auch noch die
5 Abschnitte über die Krane mit ein, zwei, drei und vier Masten hinzufügen, die wir notwendigerweise anführen, damit der, welcher nach Büchern sucht, in denen dies geschrieben steht, nicht in Verlegenheit kommt. Denn auch wir sind auf vielfach verderbte, am Anfang und Ende ver-
10 stümmelte Exemplare gestofsen.

**Die 5 einfachen Maschinen.**

Die Zahl der einfachen Maschinen, durch welche eine gegebene Last (Gewicht) mit einer gegebenen Kraft bewegt wird, beläuft sich auf fünf. Es ist nun erforderlich, ihre äufsere Gestalt und Verwendung und ferner ihre
15 Namen auseinanderzusetzen. Es ist von Heron und Philon auch überliefert, dafs die eben erwähnten Maschinen auf einem einzigen natürlichen Prinzipe beruhen, obwohl sie ihrem Aussehen nach in vielem von einander abweichen. Ihre Namen lauten folgendermafsen: Wellrad, Hebel,
20 Flaschenzug, Keil und aufserdem die sogenannte Schraube ohne Ende.

**Das Wellrad. Fig. 64.**

Das Rad an der Welle wird auf folgende Weise konstruiert. Man mufs ein starkes, vierkantiges, balkenförmiges Stück Holz (Fig. 64) nehmen, seine Enden
25 abhobeln und rund machen und bronzene Büchsen (als Schuhe) herumlegen, die fest mit der Achse verbunden werden, so dafs sie in einem unbeweglichen Gestelle in runde Löcher gesteckt sich leicht darin drehen, wenn die Löcher mit bronzenen Reibblechen ausgeschlagen sind, die
30 als Widerlager für die Büchsen dienen. Das beschriebene Stück Holz heifst Achse. Mitten um die Achse wird ein Wellrad gelegt, welches mit einem quadratischen, (dem Umfange) der Achse entsprechenden Ausschnitte versehen ist, so dafs die Achse und die Welle sich zu gleicher Zeit drehen.

ὑποκειμένους ταῖς χοινικίσι. καλεῖται δὲ τὸ εἰρημένον ξύλον ἄξων. περὶ δὲ μέσον τὸν ἄξονα περιτίθεται τύμπανον ἔχον τρῆμα τετράγωνον ἁρμοστὸν τῷ ἄξονι, ὥστε ἅμα στρέφεσθαι τόν τε ἄξονα καὶ τὸ περιτρόχιον. 5

1118 Ἡ μὲν οὖν κατασκευὴ δεδήλωται, χρεία δ' ἐστὶν ἡ μέλλουσα λέγεσθαι. ὅταν γὰρ βουλώμεθα μεγάλα βάρη κινεῖν ἐλάσσονι βίᾳ, τὰ ἐκδεδεμένα ἐκ τοῦ βάρους ὅπλα περιθέντες περὶ τὰ σεσιμωμένα τοῦ ἄξονος καὶ ἐμβαλόντες σκυτάλας εἰς τὰ ἐν τῷ περιτροχίῳ 10 τρήματα, ἐπιστρέφομεν τὸ περιτρόχιον κατάγοντες τὰς σκυτάλας, καὶ οὕτως εὐκόπως κινηθήσεται τὸ βάρος ὑπὸ ἐλάσσονος δυνάμεως τῶν ὅπλων περὶ τὸν ἄξονα ἐπειλουμένων ἢ καὶ διαμηρυομένων ὑπό τινος πρὸς τὸ μὴ ἅπαν τὸ ὅπλον περικεῖσθαι τῷ ἄξονι. τοῦ δὲ 15 εἰρημένου ὀργάνου τὸ μὲν μέγεθος ἁρμόζεσθαι δεῖ πρὸς τὰ μέλλοντα κινεῖσθαι βάρη, τὴν δὲ συμμετρίαν πρὸς τὸν λόγον ὃν ἔχει τὸ κινούμενον βάρος πρὸς τὴν κινοῦσαν δύναμιν, ὡς ἑξῆς δειχθήσεται.

## II, 2.

Ἦν δὲ δευτέρα δύναμις ἡ διὰ τοῦ μοχλοῦ καὶ 20 τάχα ἡ προεπίνοια τῆς περὶ τὰ ὑπεράγοντα βάρη κινήσεως. προελόμενοι γάρ τινες μεγάλα βάρη κινεῖν, ἐπειδὴ ἀπὸ τῆς γῆς ἔδει πρῶτον μετεωρίσαι, λαβὰς δὲ οὐκ εἶχον· διὰ τὸ πάντα τὰ μέρη τῆς ἕδρας τοῦ

---

6 Si interpreti Arabi fides (v. supra p. 94, 26) erit, hic lacuna statuenda est. 14 ὑπό τινος spuria, om. Arabs p. 96, 18 14—15 ἢ ... ἄξονι del. Hu 15 exspectes ⟨ἅπαντι⟩ τῷ ἄξονι (f. deleto ἅπαν ante τὸ ὅπλον) 21 ὑπεράγαν Hu

Die Konstruktion ist nun erklärt, jetzt soll die praktische Anwendung besprochen werden. Wollen wir nämlich grofse Lasten mit einer geringeren Kraft bewegen, so legen wir die Seile, welche an die Last gebunden sind, um die

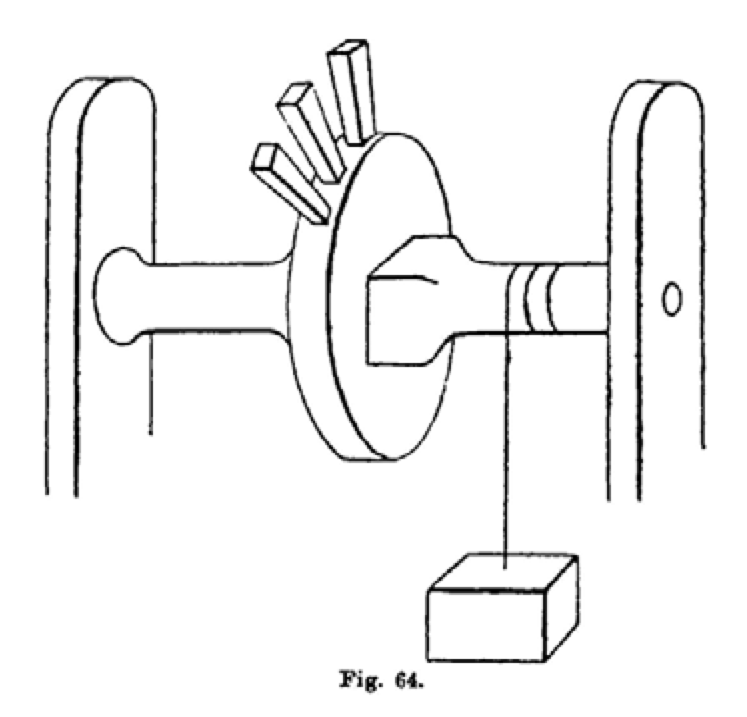


Fig. 64.

5 abgehobelten (und abgerundeten) Teile der Achse, stecken Speichen in die Löcher auf (der Peripherie) der Welle, drücken sie nieder und drehen das Wellrad. Und so wird die Last mit Leichtigkeit von einer schwächeren Kraft bewegt (= gehoben), indem die Seile [von irgend jemand]
10 um die Achse gewickelt oder auch in Form einer Strähne über einander gelegt werden, damit sich nicht das Seil ganz um die Achse legt. Die Gröfse der beschriebenen Maschine mufs den Lasten, welche transportiert werden sollen, entsprechen, sowie das Verhältnis (der Radien von
15 Achse und Welle) dem Verhältnisse, welches die bewegte Last zu der bewegenden Kraft hat, wie weiter unten gezeigt werden soll.

φορτίου ἐπικεῖσθαι τῷ ἐδάφει, ὑπορύξαντες βραχὺ καὶ ξύλου μακροῦ τὸ ἄκρον ὑποβαλόντες ὑπὸ τὸ φορτίον κατῆγον ἐκ τοῦ ἑτέρου ἄκρου, ὑποθέντες τῷ ξύλῳ παρ' αὐτὸ τὸ φορτίον λίθον, ὃ δὴ καλεῖται ὑπομόχλιον.

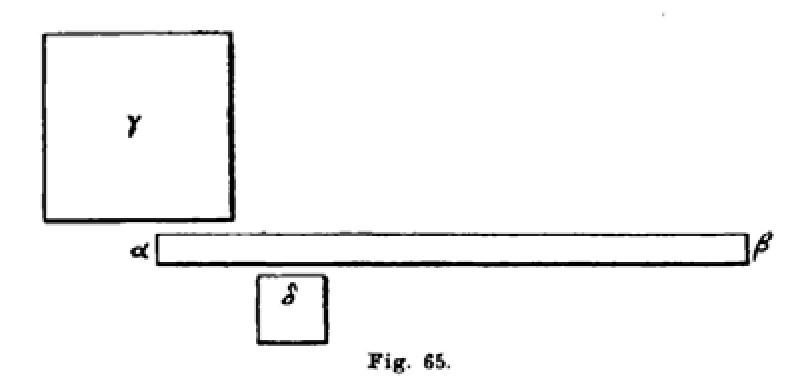


Fig. 65.

φανείσης δ' αὐτοῖς τῆς κινήσεως πάνυ εὐκόπου ἐνόησαν ὅτι δυνατὸν κινεῖσθαι μεγάλα βάρη διὰ τοῦ τρόπου τούτου. καλεῖται δὲ τὸ ξύλον μοχλός, εἴτε τετράγωνον εἴη εἴτε στρογγύλον. ὅσῳ δ' ἂν ἐγγυτέρω τιθῆται τοῦ φορτίου τὸ ὑπομόχλιον, τοσούτῳ εὐχερέστερον κινεῖται τὸ βάρος, ὡς ἑξῆς δειχθήσεται.

## II, 3.

Ἔστιν δὲ ἡ τρίτη δύναμις ἡ κατὰ τὸ πολύσπαστον. ὅταν γὰρ βουλώμεθά τι βάρος ἕλκειν, ἐξάψαντες ὅπλον | ἐξ αὐτοῦ ἐπισπώμεθα τοσαύτῃ βίᾳ, ὅση τῷ φορτίῳ ἰσόρροπός ἐστιν. ἐὰν δὲ ἑλκύσαντες ἐκ τοῦ φορτίου τὸ ὅπλον τὴν μὲν μίαν αὐτοῦ ἀρχὴν ἐκδήσωμεν ἔκ τινος μένοντος χωρίου, τὴν δὲ ἑτέραν βάλωμεν διὰ τροχίλου ἐκδεδεμένου ἐκ τοῦ φορτίου καὶ ταύτην ἐπισπώμεθα, εὐχερέστερον κινήσομεν τὸ βάρος. πάλιν δὲ

8 f. εἴη del. ut ex dittographia ortum 14 ἑλκύσαντες suspectum: f. ἐκλύσαντες. cf. infra p. 298, 12. 18.

II, 2.

Die zweite (einfache) Maschine war die, welche durch den Hebel gebildet wurde und vielleicht die erste Erfindung war, um übermäſsige Lasten zu bewegen. Wenn nämlich die Leute vorhatten, groſse Lasten zu bewegen, 5 muſsten sie sie zunächst vom Boden emporheben. Da sie aber keine Handhaben hatten, weil die Basis der Last in allen ihren Teilen auf dem Boden ruhte, so gruben sie unter der Last die Erde etwas aus, steckten das Ende einer langen Latte (Fig. 65) darunter, und indem sie unter 10 die Latte unmittelbar neben der Last einen Stein, das sogenannte Hypomochlion (Hebelunterlage, Stützpunkt), legten, drückten sie die Latte am anderen Ende nieder. Da ihnen die Bewegung sehr leicht vorkam, erkannten sie die Möglichkeit, auf diese Weise groſse Lasten zu be- 15 wegen. Die Latte, sei sie nun vierkantig oder rund, nennt man Hebel. Je näher der Last die Unterlage (unter die Latte) gelegt wird, um so leichter wird die Last bewegt, wie in der Folge gezeigt werden soll.

Der Hebel. Fig. 65.

II, 3.

Die dritte Maschine ist die mit dem Flaschen- 20 zuge. Wollen wir nämlich irgend eine Last emporziehen, so binden wir ein Seil daran und ziehen sie mit einer so groſsen Kraft an, als der Last das Gleichgewicht hält. Ziehen wir aber das Seil von der Last ab und binden sein eines Ende an einen festen Ort (Balken, Fig. 66a), 25 während wir das andere über eine an die Last gebundene Rolle leiten und dieses anziehen, so werden wir die Last leichter bewegen. Wenn wir wiederum eine andere Rolle (Fig. 66b) an den festen Ort hängen, über dieselbe das Seilende, welches (von der Kraft) gezogen wird, 30 hinwegleiten und anziehen, so werden wir die Last noch weit leichter bewegen. Binden wir abermals eine andere Rolle an die Last, stecken das (von der Kraft) gezogene Seilende hindurch und ziehen das Seil an, so werden wir

Die Rolle und der Flaschenzug.

Die bewegliche Rolle. Fig. 66a.

Die feste und bewegliche Rolle verbunden. Fig. 66b.

ἐὰν ἐκ τοῦ μένοντος χωρίου ἐξάψωμεν ἕτερον τρόχιλον καὶ τὴν ἀγομένην ἀρχὴν διαβαλόντες διὰ τούτου ἐπισπώμεθα, ἔτι μᾶλλον εὐχερέστερον κινήσομεν τὸ βάρος.

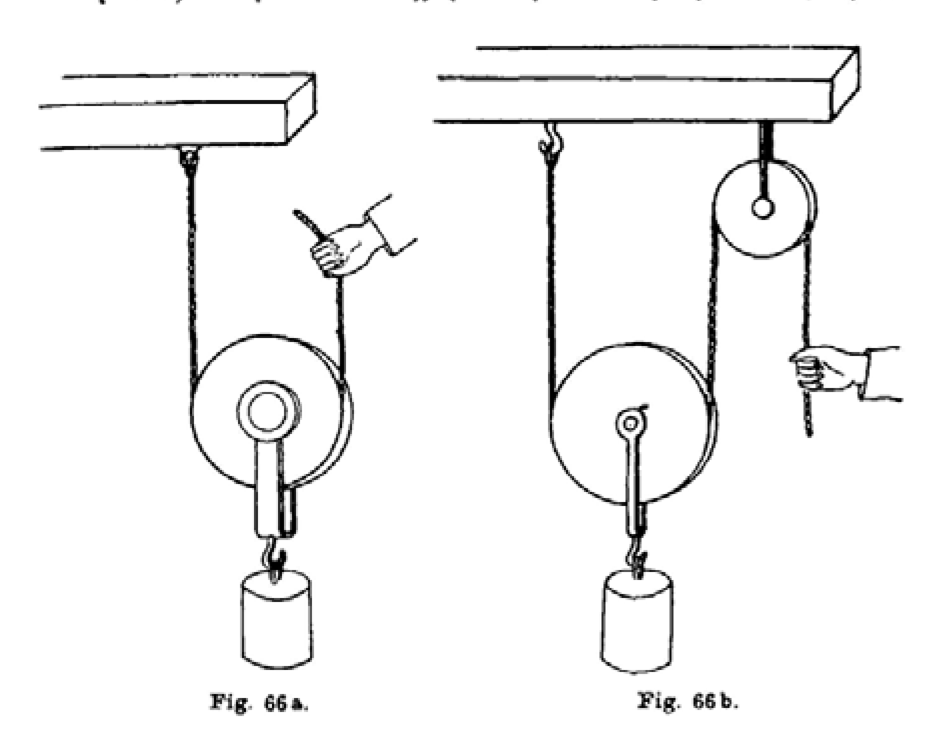


Fig. 66a. Fig. 66b.

καὶ πάλιν ἐὰν ἐκ τοῦ φορτίου τρόχιλον ἕτερον ἐκδήσωμεν καὶ τὴν ἀγομένην ἀρχὴν διὰ τούτου δια- 5 βαλόντες ἐπισπώμεθα, πολλῷ μᾶλλον εὐχερέστερον κινήσομεν τὸ βάρος . . . ἀεὶ τροχίλους ἔκ τε τοῦ μένοντος χωρίου ἐξάπτοντες καὶ ἐκ τοῦ φορτίου καὶ διαβάλλοντες ἐναλλὰξ τὴν ἀγομένην ἀρχὴν εἰς τοὺς τροχίλους εὐχερέστερον κινήσομεν τὸ βάρος. ὅσῳ δ' 10 ἂν εἰς πλείονα κῶλα τὸ ὅπλον κάμπτηται, ⟨τοσούτῳ⟩ τὸ βάρος εὐκοπώτερον κινηθήσεται· δεῖ δὲ τὴν ἐκ-

7 lacunam statuit Hu: ⟨καὶ οὕτως⟩ vel ⟨καὶ πλείονας⟩ idem 10 — p. 280, 1 ὅσῳ ... ἐξάπτεσθαι del. Hu sine dubio propter tautologiam, sed cf. Arabem 11 τοσούτῳ inseruit Hu

Der Flaschenzug. Fig. 67.

die Last mit viel gröſserer Leichtigkeit bewegen. Indem wir so immer mehr Rollen (Fig. 67) an den festen Punkt und die Last knüpfen und abwechselnd das (von der Kraft) gezogene Seilende nach den Rollen leiten, werden
5 wir die Last leichter bewegen. Je zahlreicher die Glieder

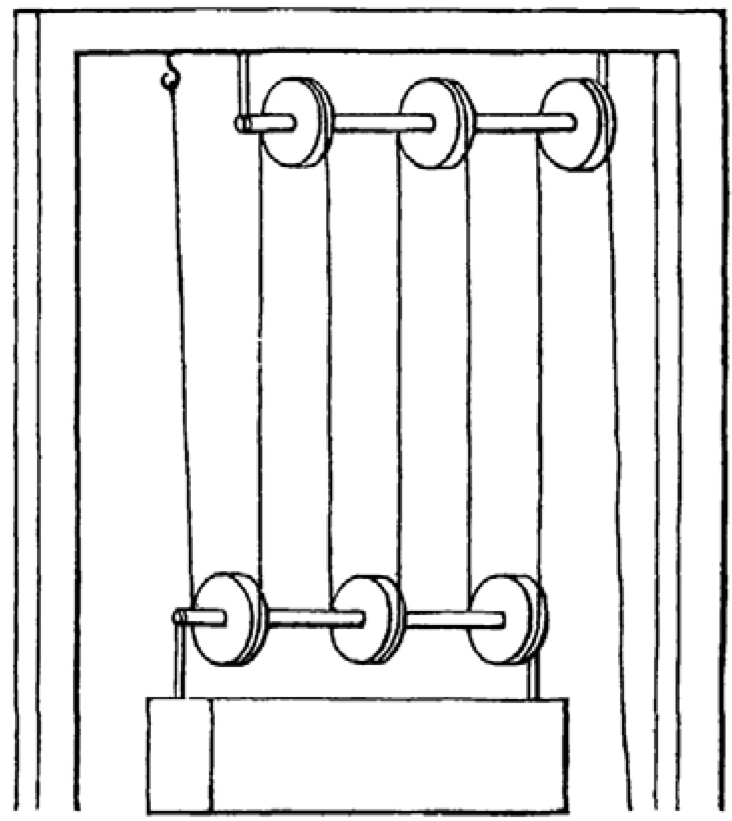


Fig. 67.

sind, in welche das Seil durch das Umbiegen zerfällt, um so leichter wird die Last bewegt werden. Das Seilende aber, welches angebunden wird, muſs an den festen Ort geknüpft werden. Um nun die Rollen nicht einzeln an
10 den festen Ort und die Last knüpfen zu müssen, steckt man die, wie gesagt, an dem festen Orte angebrachten Rollen auf ein Stück Holz und läſst sie sich um eine Achse drehen, welche Kloben (Mánganon) heiſst.

δεννυμένην ἀρχὴν ἐκ τοῦ μένοντος χωρίου ἐξάπτεσθαι. ἵνα οὖν μὴ καθ᾽ ἕνα τοὺς τροχίλους ἔκ τε τοῦ μένοντος χωρίου καὶ ἐκ τοῦ φορτίου ἐξάπτωμεν, οἱ μὲν εἰρημένοι . . . εἰς τὸ μένον εἶναι χωρίον εἰς ἓν ξύλον ἐντίθενται περὶ ἄξονα κινούμενοι, ὃ καλεῖται μάγγανον 5 — τοῦτο δὲ ἐξάπτεται ἐκ τοῦ μένοντος χωρίου διά τινος ἑτέρου ὅπλου — οἱ δὲ πρὸς τῷ φορτίῳ εἰς ἕτερον μάγγανον τούτῳ ἴσον, ὃ δὴ πάλιν ἐξάπτεται ἐκ τοῦ φορτίου μόνον. οὕτως δὲ δεῖ κατατετάχθαι ἐν 1122 τοῖς μαγγάνοις τοὺς τροχίλους, ὥστε τὰ κῶλα | μὴ 10 ἐμπλεκόμενα πρὸς ἄλληλα δυσπειθῆ γίνεσθαι. δι᾽ ἣν δ᾽ αἰτίαν πλειόνων τῶν κώλων γινομένων εὐκοπία παρακολουθεῖ, δείξομεν, καὶ δι᾽ ἣν αἰτίαν ἡ ἑτέρα ἀρχὴ ἐκ τοῦ μένοντος ἐξάπτεται χωρίου.

## II, 4.

Ἡ δὲ ἑξῆς δύναμις ἡ διὰ τοῦ σφηνὸς καὶ αὐτὴ 15 μεγάλας χρείας παρεχομένη πρός τε τὰς μυρεψικὰς πιέσεις καὶ τὰς διὰ τῆς τεκτονικῆς ὑπεραγούσας κολλήσεις, τὸ δὲ πάντων μέγιστον, ὅταν τοὺς ἐκ τῶν λατομιῶν λίθους ἀποσπᾶν δέῃ τῆς κατὰ τὸ κάτω μέρος συνεχείας, οὐδεμία τῶν ἄλλων δυνάμεων ἐνεργεῖν δύ- 20 ναται, οὐδ᾽ ἂν ἅμα πᾶσαι συζευχθῶσιν, μόνος δὲ ὁ σφὴν ἐνεργεῖ διὰ τῆς τυχούσης, καὶ ἄνεσις μὲν οὐδ᾽ ἡτισοῦν γίνεται κατὰ τὰ διαλήμματα τῶν ἐργαζομένων, καρτερὰ δὲ ⟨ἡ⟩ ἐπίτασις. τοῦτο δὲ φανερὸν ἐκ τοῦ καὶ μὴ πλησσομένου τοῦ σφηνὸς ἐνίοτε ψόφους καὶ 25 ῥήγματα γίνεσθαι διὰ τῆς τοῦ σφηνὸς ἐνεργείας. ὅσῳ δ᾽ ἂν ἡ τοῦ σφηνὸς γωνία ἐλάσσων γίνηται, τοσούτῳ εὐχερέστερον ἐνεργεῖ, τουτέστιν δι᾽ ἐλάσσονος πληγῆς, ὡς δείξομεν.

Letzterer wird an dem festen Orte (Balken) mit Hilfe eines anderen Seiles befestigt. Die nahe der Last befindlichen Rollen werden auf einen anderen, dem ersten gleichen Kloben gesteckt. Dieser Kloben nun wird seinerseits bloſs an der Last befestigt. Die Rollen müssen aber so auf die Kloben gesetzt sein, daſs die Glieder sich nicht in einander verwickeln und dadurch auſser Thätigkeit gesetzt werden. Die Begründung dafür, warum eine gröſsere Zahl der Glieder eine um so leichtere Bewegung zur Folge hat und warum das eine Seilende an dem festen Orte befestigt wird, werden wir (weiter unten) liefern.

## II, 4.

Der Keil. Fig. 68.

Die nächste Maschine ist die, welche mittels des Keiles (Fig. 68) wirksam ist und gleichfalls sowohl beim Pressen von Salben als bei besonders festem Leimen in der Tischlerei groſse Vorteile bietet. Was aber vor allem am wichtigsten ist, wenn man die Steine in den Brüchen aus ihrem festen Lager auf der unteren Seite (am Boden) losreiſsen muſs, vermag keine der übrigen Maschinen zu wirken, auch nicht, wenn man sie alle zusammennähme. Allein der Keil ist infolge des ersten besten Schlages wirksam, ohne daſs seine Wirksamkeit bei den wechselnden Schlägen der Arbeiter nachläſst, sondern die Spannung ist stark. Das ergiebt sich daraus, daſs bisweilen bloſs durch die Thätigkeit des Keiles ein lautes Reiſsen entsteht, auch ohne daſs der Keil getroffen wird. Je spitzer der Winkel des Keiles gemacht wird, um so leichter, d. h. infolge eines schwächeren Schlages, greift er an, wie wir (weiter unten) zeigen werden.

Fig. 68.

---

4 lacunam statuam. f. ⟨ἐκδεόεμένοι⟩ εἰς    ἐκ τοῦ μένοντος εἶναι χωρίου Hu    8 ον δη A, corr. Scaliger    9 καὶ τετάχθαι A, corr. Hu    10 ὥστε Scaliger: ἔστω A    22 f. τυχούσης ⟨πληγῆς⟩    24 ἡ add. Hu

II, 5.

*Τὰ μὲν οὖν προειρημένα ὄργανα φανερὰς καὶ αὐτοτελεῖς ἔχει τὰς κατασκευὰς πολλαχοῦ ἐν ταῖς χρείαις φαινομένας, ὁ δὲ κοχλίας ἔχει τι περίεργον περί τε τὴν κατασκευὴν καὶ τὴν χρῆσιν. ὁτὲ μὲν [οὖν] γὰρ αὐτὸς καθ' αὑτὸν μόνος ἐνεργεῖ, ὁτὲ δὲ* 5
1124 *καὶ προσλαμβάνων ἔτι | δύναμιν, πλὴν ὅτι οὐδέν ἕτερόν ἐστιν ἢ σφὴν εἱλημένος, ἀπολειπόμενος τῆς πληγῆς, διὰ μοχλοῦ δὲ καὶ τὴν κίνησιν ποιούμενος. τοῦτο δ' ἔσται δῆλον ἐκ τῶν μελλόντων λέγεσθαι. φύσις μὲν οὖν ὑπάρχει τῆς περὶ αὐτὸν πραγματείας τοιαύτη. ἐὰν* 10 *κυλίνδρου πλευρὰ φέρηται κατὰ τῆς τοῦ κυλίνδρου ἐπιφανείας, πρὸς δὲ τῷ πέρατι ταύτης σημεῖόν τι ἅμα κατὰ αὐτῆς τῆς πλευρᾶς φέρηται, καὶ ἐν τῷ αὐτῷ χρόνῳ ἥ τε πλευρὰ μίαν ἀποκατάστασιν ποιήσηται καὶ τὸ σημεῖον τὸ πᾶν τῆς πλευρᾶς διεξέλθῃ, ἡ γενομένη* 15 *ὑπὸ τοῦ σημείου ἐν τῇ κυλινδρικῇ ἐπιφανείᾳ γραμμὴ ἕλιξ ἐστίν, ἣν δὴ κοχλίαν καλοῦσιν. καταγράφεται δὲ ἐν τῷ κυλίνδρῳ οὕτως· ἐὰν ἐν ἐπιπέδῳ δύο εὐθείας ἐκθώμεθα ὀρθὰς ἀλλήλαις, ὧν ἡ μὲν μία ἴση ἐστὶν τῇ τοῦ εἰρημένου κυλίνδρου πλευρᾷ, ἡ δὲ ἑτέρα τῇ* 20 *τοῦ κύκλου περιφερείᾳ, ὅς ἐστιν βάσις τοῦ κυλίνδρου, καὶ ἐπὶ τὰ πέρατα τῶν εἰρημένων εὐθειῶν ἐπιζεύξωμεν εὐθεῖαν ὑποτείνουσαν τὴν ὀρθὴν γωνίαν, τεθῇ δὲ ἡ ἴση τῇ τοῦ κυλίνδρου πλευρᾷ ἐπὶ τὴν τοῦ κυλίνδρου πλευράν, ἡ δὲ ἑτέρα τῶν περὶ τὴν ὀρθὴν ἐπειληθῇ* 25 *κατὰ τῆς τοῦ κύκλου περιφερείας, εἱληθήσεται καὶ ἡ*

---

5 *οὖν* del. Scaliger 7 *εἰλημμένος* A, corr. Hu 8 *καὶ* ⟨*στροφῆς*⟩ Hu ('der mittels des Hebels bewegt wird' interpres Arabs. cf. supra p. 104, 8)

II, 5.

Die Schraube. Fig. 69—71.

Die erwähnten Instrumente haben klare und für sich allein ausreichende Einrichtungen, wie man vielfach beim Gebrauche sieht. Dagegen hat die Schraube sowohl in ihrer Konstruktion als in ihrer praktischen An-
5 wendung etwas Gekünsteltes. Nämlich bald ist sie für sich allein thätig, bald nimmt sie noch eine Maschine zu Hilfe, abgesehen davon, daſs sie nichts anderes ist als ein gewundener Keil, der nur nicht geschlagen wird, sondern durch einen Hebel seine Bewegung ausführen läſst. Das
10 wird aus folgenden Bemerkungen klar werden.

Mit der Konstruktion der Schraube hat es folgende Bewandtnis. Wenn eine Seite eines Cylinders sich über die Oberfläche des Cylinders hin bewegt, zu gleicher Zeit aber gerade auf der Seite am Ende derselben sich ein Punkt
15 in Bewegung setzt, und wenn die Seite in derselben Zeit,

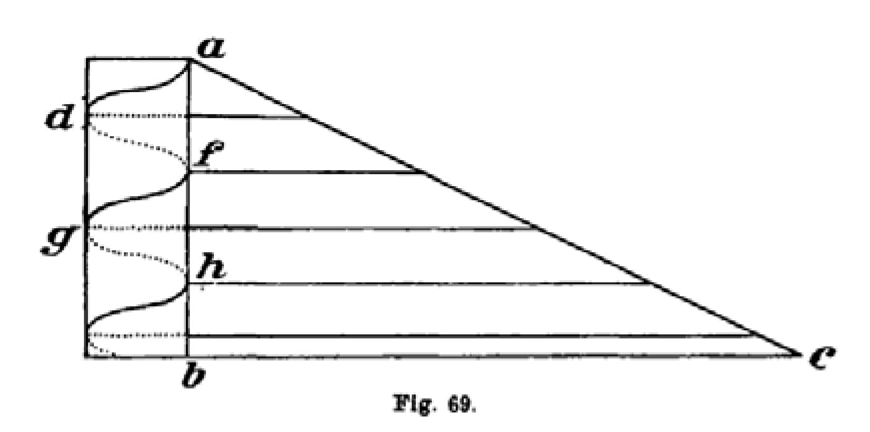


Fig. 69.

in welcher der Punkt die ganze Länge der Seite durchläuft, eine Umdrehung macht, so ist die Linie, welche von dem Punkte auf der Oberfläche des Cylinders gebildet wurde, eine Kurve, welche man eben Schraube
20 (Schraubenlinie) nennt. Sie wird aber auf dem Cylinder folgendermaſsen entworfen. Wir ziehen auf einer Ebene zwei Linien (*ab*, *bc*, Fig. 69), die einen rechten Winkel bilden und von denen die eine (*ab*) der Seite des ge-

ὑποτείνουσα τὴν ὀρθὴν κατὰ τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας, καθ' ἧς ἔσται ἡ εἰρημένη ἕλιξ. ἔξεστιν δὲ διελόντα τὴν τοῦ κυλίνδρου πλευρὰν εἰς ἴσα, ὅσα δἄν τις προαιρῆται, καθ' ἕκαστον αὐτῆς μέρος περιγράφειν ἕλικα, ὡς προείρηται, ὥστε ἐν τῷ κυλίνδρῳ πλείονας 5 ἕλικας γράφεσθαι, καλείσθω δὲ ἡ ἅπαξ εἰληθεῖσα ἕλιξ 1126 μονόστροφος, τουτέστιν | ἡ περὶ τὰ πέραθ' ἑκάστου μέρους γινομένη γραμμή. κατὰ αὐτῆς οὖν τῆς γραμμῆς σωλῆνα ἐντεμόντες εἰς τὸ βάθος τοῦ κυλίνδρου καὶ ἐκκόψαντες, ὥστε ἐν τῷ σωλῆνι τύλον ἐναρμόσαι στε- 10

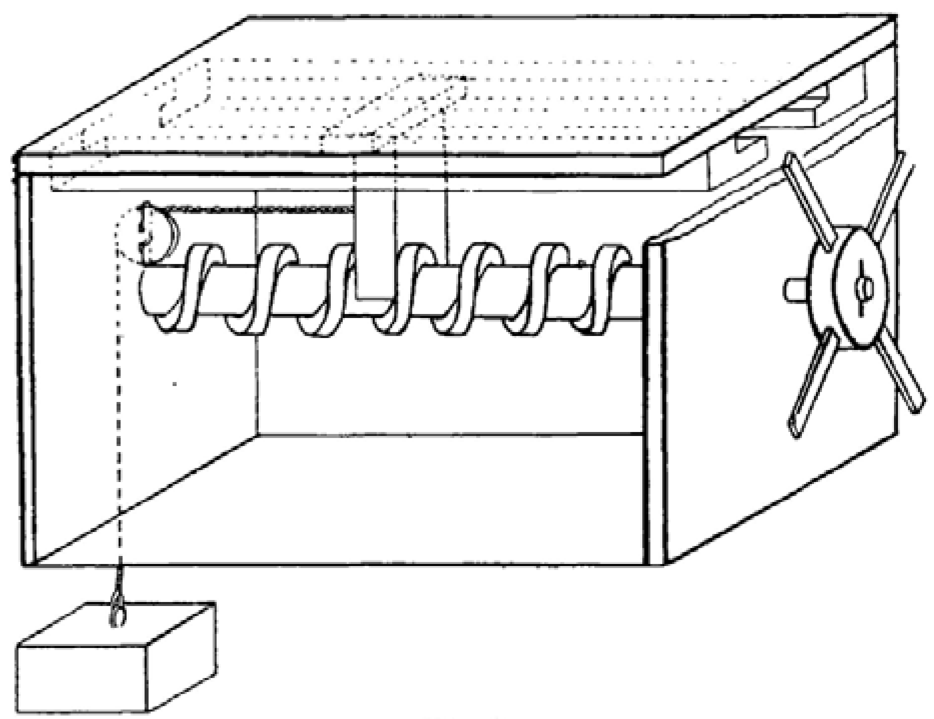


Fig. 70a.

ρεόν, χρῶνται τῷ κοχλίᾳ οὕτως. τὰ ἄκρα αὐτοῦ στρογγύλα ποιήσαντες ἐναρμόζουσιν εἴς τινα διαπήγματα ἐν στρογγύλοις τρήμασιν, ὥστε εὐκόπως αὐτὸν στρέφεσθαι,

nannten Cylinders gleich ist, die andere (*bc*) der Peripherie des Kreises, welcher die Grundfläche des Cylinders bildet. Wir ziehen nach den Enden der genannten Geraden die Hypotenuse (*ac*). Wird dann die der Seite
5 des Cylinders gleiche Linie (*ab*) auf diese letztere gesetzt und die andere Kathete (*bc*) auf die Peripherie des Kreises gewickelt, so windet sich auch die Hypotenuse um die Oberfläche des Cylinders, auf welcher die erwähnte Kurve entstehen wird. Man kann aber die Seite des Cy-
10 linders in beliebig viele gleiche Teile (*af*, *fh* u. s. w.) zerlegen und in jedem derselben eine Schraubenwindung beschreiben, wie eben bemerkt, so daſs auf dem Cylinder mehrere Windungen beschrieben werden. Die Kurve aber, welche sich nur einmal herumwindet, nenne man mono-
15 stroph[1] (einmal gewunden), d. h. die Linie, welche von dem einen Ende jedes Teiles bis zum anderen (*adf* oder *fgh*)[2]) geht. Man schneidet nun gerade längs der Linie tief in den Cylinder eine Rille, kehlt sie so aus, daſs ein Zapfen (Tylos, Fig. 70a) in die Rille paſst und
20 verwendet dann die Schraube folgendermaſsen. Man rundet ihre Enden und fügt sie passend in runden Löchern derart in Querwände, daſs sie sich leicht dreht. Dann bringt man oberhalb der Schraube einen Riegel an, der mitten auf der innern[3]) Fläche mit einer der Schraube parallel
25 laufenden Nute (Fig. 70a) versehen ist. Man fügt in diese Nute den erwähnten Zapfen, so daſs sich das eine Ende des Zapfens in die Schraubennute, das andere in die genannte zweite, in dem Riegel befindliche Nute einfügt. Wenn man nun mit Hilfe dieser Vorrichtung eine Last

1) Wir sprechen von einem Schraubengange.
2) Eigentlich: 'welche rings innerhalb der Enden jedes Teiles entsteht'.
3) Hsl. 'oberen Fläche'.

3 *δἄν* (= *δὴ ἄν*) scripsi: *δ' ἄν* A 5—8 *ὥστε . . . γραμμή* del. Hu 7 *πέραϑ'* Hu: *περὶ* A 10 *ἐναρμόσαντες* A, corr. Scaliger

ὑπὲρ δὲ τὸν κοχλίαν κανόνα διατιθέντες παράλληλον αὐτῷ σωλῆνα ἔχοντα μέσον ἐν τῇ ἄνω ἐπιφανείᾳ ἐναρμόζουσιν εἰς τοῦτον τὸν σωλῆνα τὸν εἰρημένον τύλον, ὥστε τὸ μὲν ἕτερον ἄκρον τοῦ τύλου . . . ἐν μὲν τῷ ⟨τοῦ⟩ κοχλίου σωλῆνι, τὸ δὲ ἕτερον ἐν τῷ εἰρημένῳ 5 ἑτέρῳ σωλῆνι τῷ ἐν τῷ κανόνι. ὅταν οὖν βούλωνται φορτίον κινεῖν διὰ τούτου τοῦ ὀργάνου, ὅπλον λαβόντες τούτου τὴν μὲν μίαν ἀρχὴν ἐξάπτουσιν ἐκ τοῦ φορτίου, τὴν δὲ ἑτέραν ἐκ τοῦ προειρημένου τύλου καὶ τρημάτων ὄντων τῇ κεφαλῇ τοῦ κοχλίου σκυτάλας 10 ἐμβαλόντες κατάγουσιν, καὶ οὕτως ὑπὸ τῆς ἕλικος ὁ τύλος παραγόμενος ἐν τῷ σωλῆνι ἐπισπᾶται τὸ ὅπλον δι' οὗ καὶ τὸ φορτίον. ἔξεστιν δὲ ἀντὶ τῶν σκυταλῶν χειρολάβην τινὰ περιθεῖναι τῷ ἄκρῳ τοῦ κοχλίου ὑπερέχοντι εἰς τὸ ἐκτὸς τοῦ διαπήγματος καὶ οὕτως 15 στρέφοντα τὸν κοχλίαν ἐπισπᾶσθαι τὸ φορτίον. ἡ δ' ἐν τῷ κοχλίᾳ ἕλιξ ὁτὲ μὲν τετράγωνος γίνεται, ὁτὲ δὲ φακοειδής, τετράγωνος μέν, ὅταν ὁ ἐν αὐτῷ σωλὴν ὀρθὰς ἔχῃ τὰς ἐντομάς, φακοειδὴς δέ, ὅταν λοξὰς καὶ 1128 εἰς μίαν συναγο|μένας γραμμήν. καλεῖται δὲ ὁ μὲν 20 τετράγωνος, ὁ δὲ φακωτός.

## II, 6.

Ὅταν μὲν οὖν αὐτὸς καθ' αὑτὸν ὁ κοχλίας ἐνεργῇ, ταύτην λαμβάνει τὴν κατασκευήν. γίνεται δὲ καὶ ἑτέρως. προσλαβόντες γάρ τινα ἑτέραν δύναμιν τὴν διὰ τοῦ ἄξονος τοῦ ἐν τῷ περιτροχίῳ καλουμένου [κατα- 25

---

1 διατεθέντες A, corr. Hu 2 ἄνωι A: ἐναντίον Hu: f. ἐντὸς 4 lacunam statuam. f. ⟨ἐναρμόσαι⟩ ἐν μὲν ἐν μὲν: μένειν ἐν Hu (nulla lacuna) 5 τοῦ ins. Hu 6 τῷ ἐν Hu: τῶν ἐν A 24 γάρ Hu: αὐτοῦ A: an οὖν? 25 κατασκευὴν del. Hu, cf. 108, 34. 274, 20. 280, 15

bewegen will, nimmt man ein Seil und knüpft sein eines Ende an die Last, das andere dagegen an den oben erwähnten Zapfen. In die Löcher, welche sich in dem Schraubenkopfe befinden, setzt man Handspeichen und 5 drückt sie nieder. Und indem so der Zapfen in der Nute von der Windung weitergeschoben wird, zieht er das Seil und damit die Last an. Man kann um das Ende der Schraube, welches aufsen über die Querwand hinausragt, anstatt der Speichen irgend eine Handhabe (Kurbel, 10 Fig. 70b) setzen, und indem man so die Schraube dreht,

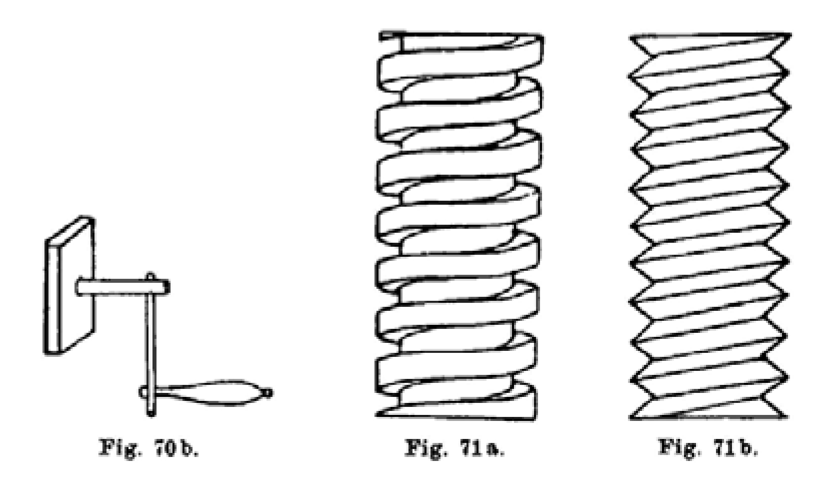


Fig. 70b. Fig. 71a. Fig. 71b.

die Last anziehen. Die Windung auf der Schraube wird bald flach (vierkantig, Fig 71a) gemacht, bald scharf (linsenförmig, Fig. 71b); flach, wenn die Nute auf der Schraube senkrechte Einschnitte hat, scharf, wenn die 15 Nute schräge, (in der Tiefe) zu einer Linie konvergierende Einschnitte zeigt. Die eine Schraubenspindel heifst die flache, die andere dagegen die scharfe.

II, 6.

Verbindung von Schraube und Wellrad. Fig. 72.

Diese Einrichtung hat also die Schraube, wenn sie für sich allein thätig ist. Sie wird aber auch anders 20 verwendet. Wenn wir nämlich eine andere einfache Maschine damit verbinden, nämlich diejenige, welche

σκευὴν] νοήσομεν τὸ περὶ τὸν ἄξονα τύμπανον ὠδοντωμένον εἶναι, κοχλίαν δέ τινα παρακεῖσθαι τῷ τυμπάνῳ ἤτοι ὀρθὸν κείμενον πρὸς τὸ ἔδαφος ἢ παράλληλον τῷ ἐδάφει ἔχοντα τὴν μὲν ἕλικα ἐμπεπλεγμένην τοῖς ὀδοῦσι τοῦ τυμπάνου, τὰ δὲ ἄκρα ἐν στρογγύλοις 5 τρήμασιν πολευόμενα ἔν τισιν διαπήγμασιν, καθάπερ καὶ προείρηται, καὶ ὑπεροχῆς οὔσης τοῦ ἄκρου τοῦ κοχλίου εἰς τὸ ἐκτὸς τοῦ διαπήγματος μέρος, ἤτοι χειρολάβην τινὰ περικεῖσθαι, δι' ἧς ἐπιστραφήσεται ὁ κοχλίας, ἢ τρήματα, ὥστε σκυταλῶν ἐμβληθεισῶν ὁμοίως 10 ἐπιστρέφεσθαι αὐτόν. πάλιν οὖν τὰ ἐκ τοῦ φορτίου 1130 ὅπλα | περιβαλόντες περὶ τὸν ἄξονα ἐφ' ἑκάτερα τοῦ τυμπάνου καὶ ἐπιστρέφοντες τὸν κοχλίαν, δι' οὗ καὶ τὸ ὠδοντωμένον τύμπανον, ἐπισπασόμεθα τὸ βάρος.

## II, 7 init.

Αἱ μὲν οὖν κατασκευαὶ καὶ αἱ χρήσεις τῶν προ- 15 ειρημένων πέντε δυνάμεων δεδήλωνται. τίς δέ ἐστιν ἡ αἰτία, δι' ἣν δι' ἑκάστης αὐτῶν μεγάλα βάρη κινεῖται μικρᾷ παντάπασι δυνάμει, Ἥρων ἀπέδειξεν ἐν τοῖς 1130, 7 Μηχανικοῖς.

## II, 18.

1114, 4 . . . δῆλον ὡς καθ' ἑκάστην στροφὴν τοῦ κοχλίου 20 εἷς ὀδοὺς (sc. τοῦ τυμπάνου ὠδοντωμένου ὀδοῦσιν λοξοῖς) παρενεχθήσεται· τοῦτο γὰρ Ἥρων ἀπέδειξεν ἐν τοῖς Μηχανικοῖς, γραφήσεται δὲ καὶ ὑφ' ἡμῶν, ἵνα μηδὲν ἔξωθεν ἐπιζητῶμεν.

Νοείσθω γὰρ κοχλίας ὁ *AB*, ἡ δὲ ἐν αὐτῷ ἕλιξ 25

---

12 περιλαβόντες A, corr. Scaliger

durch den sogenannten Wellbaum in dem Wellrade gebildet wird, so denken wir uns, daſs das Wellrad (Fig. 72) gezahnt, aber neben das Wellrad eine Schraube gesetzt

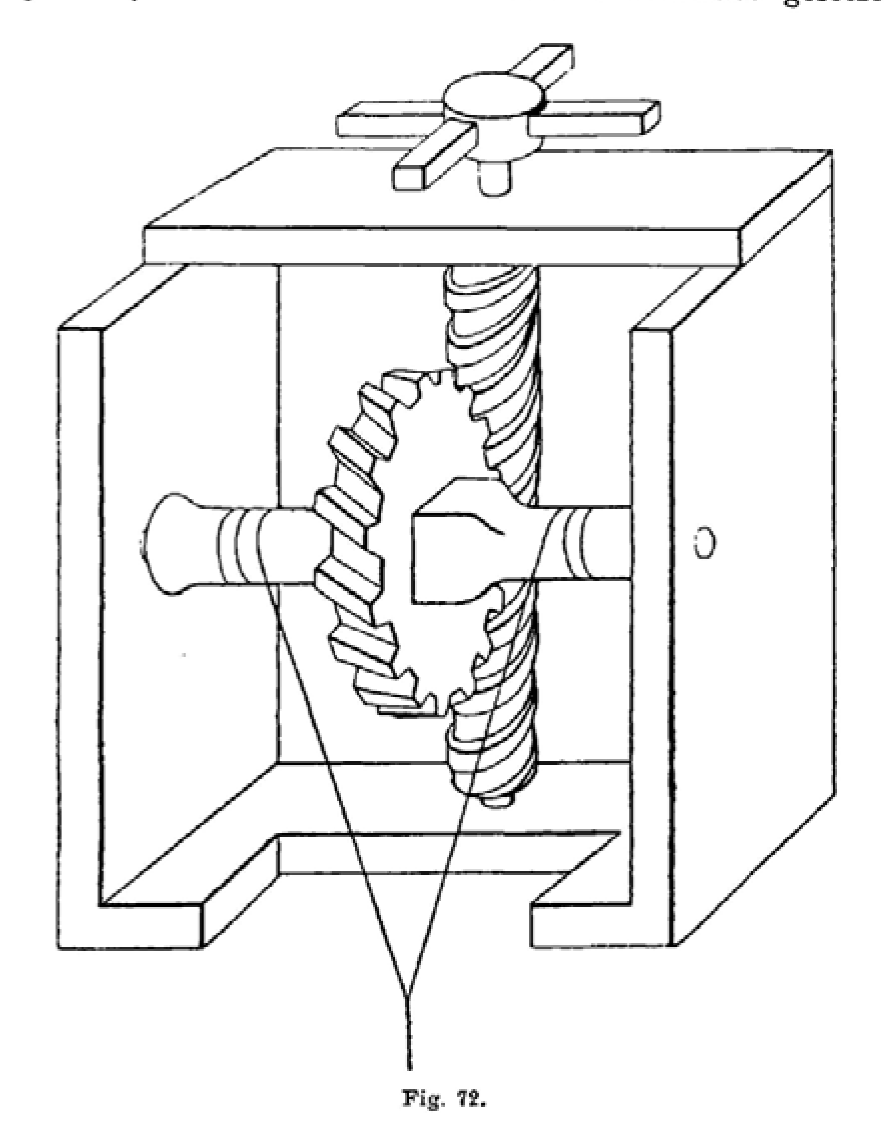


Fig. 72.

sei, die entweder senkrecht zum Boden oder parallel da-
5 mit mit einem in die Zähne des Wellrades fassenden Gewinde versehen ist, während die Enden sich in gewissen Querwänden in runden Löchern drehen, wie schon oben

ἡ ΑΓΔΕΖΒ, [νοείσθωσαν δὲ μονόστροφοι αἱ εἰρημέναι ἕλικες]. τύμπανον δὲ ἔστω [τὸ] παρακείμενον καὶ ὠδοντωμένον τὸ ΗΓΕΘ ὀδόντας ἔχον τοὺς ΗΓ, ΓΕ, ΕΘ ἁρμόζοντας τῇ ἕλικι . . . οἱ ἄρα λοιποὶ οὐκ

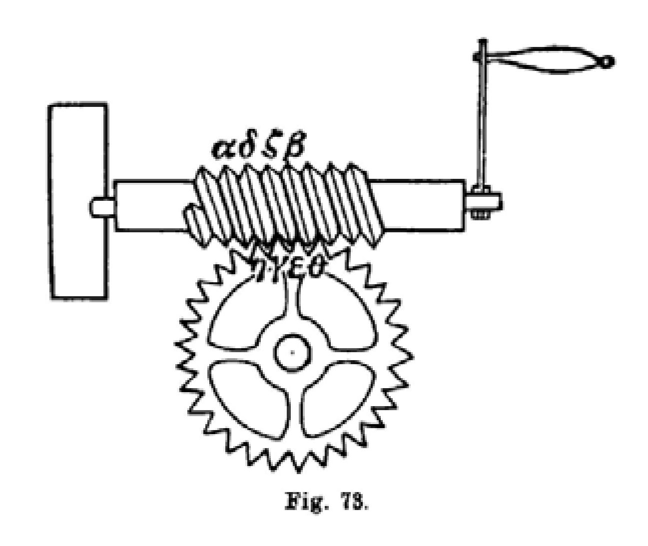


Fig. 73.

ἐναρμόσουσιν εἰς τὰς λοιπὰς ἕλικας. ἐὰν οὖν ἐπι- 5
στρέφωμεν τὸν κοχλίαν, ὥστε τὸ Ε σημεῖον παρωθεῖσθαι ἐπὶ τὰ Γ μέρη, παρέσται τὸ Ε ἐπὶ τὸ Γ, ὅταν ὁ κοχλίας ἀποκατάστασιν μίαν ποιήσηται, καὶ ἕξει ὁ μὲν ΓΕ ὀδοὺς τὴν τοῦ ΓΗ θέσιν, ὁ δὲ ΕΘ τὴν τοῦ ΓΕ, καὶ πάλιν ὁ ΕΘ θέσιν ἐσχηκὼς τὴν ΓΕ ἐν μιᾷ 10
τοῦ κοχλίου περιστροφῇ ὅλος παραχθήσεται. καὶ ἐπὶ τῶν ἑξῆς ὀδόντων τὰ αὐτὰ ἐπινοεῖν χρή, ὥστε ὅσους ἐὰν ὀδόντας ἔχῃ τὸ τύμπανον, τοσαυτάκις ὁ κοχλίας κινηθεὶς μίαν ἀποκατάστασιν τοῦ τυμπάνου ποι-
1114[11] ήσεται. 15

---

1—2 νοείσθωσαν . . . ἕλικες del. Hu  2 τὸ del. Hu lacunam statuo. cf. supra p. XVII  10 f. τὴν ⟨τοῦ⟩

bemerkt ist, und das (eine) Ende der Schraube über den Querriegel aufsen hervorragt. Ferner denken wir uns um die Schraube entweder eine Handhabe (Kurbel) gelegt, vermittels welcher die Schraube gedreht wird, oder Löcher
5 darin gebohrt, so dafs Speichen eingesetzt werden und die Schraube sich in ähnlicher Weise dreht. Wenn wir nun wieder die an die Last gebundenen Seile zu beiden Seiten des Wellrades um den Wellbaum legen, die Schraube drehen und damit das gezahnte Wellrad, so werden wir
10 die Last anziehen.

II, 7.

Die Einrichtung und die Gebrauchsweise der erwähnten fünf einfachen Maschinen sind nun erklärt. Den Grund aber, weswegen durch jede derselben grofse Lasten mit einer ganz geringen Kraft bewegt werden, hat Heron
15 in der Mechanik dargelegt.

II, 18.

Die Schraube ohne Ende. Fig. 73.

Es ist offenbar, dafs bei jeder Drehung der Schraube ein Zahn (des Zahnrades) zur Seite geschoben wird. Das hat nämlich Heron in der Mechanik bewiesen; es soll aber auch von uns (Pappus) beschrieben
20 werden, damit man nichts aufserhalb dieses Werkes zu suchen braucht.

Man denke sich eine Schraube $\alpha\beta$ (Fig. 73) mit einem Gewinde $\alpha\gamma\delta\varepsilon\zeta\beta$.[1]) Es sei aber eine gezahnte Welle $\eta\gamma\varepsilon\vartheta$ mit den in die Schraubenwindung greifenden Zähnen
25 $\eta\gamma$, $\gamma\varepsilon$, $\varepsilon\vartheta$ daneben gestellt. (Der Zahn $\gamma\varepsilon$ greife vollständig in eine Windung ein), also die übrigen greifen nicht in die übrigen Windungen ein. Drehen wir nun die Schraube derart, dafs Punkt $\varepsilon$ in der Richtung auf $\gamma$ zur Seite gestofsen wird, so kommt $\varepsilon$ nach $\gamma$, sobald die Schraube
30 eine Umdrehung vollendet hat, und der Zahn $\gamma\varepsilon$ wird die Stelle von $\gamma\eta$ einnehmen, während der Zahn $\varepsilon\vartheta$ die Stelle

1) Hier folgt folgendes Einschiebsel: 'Man denke sich aber die genannten Windungen als einmal gewunden'.

II, 35.

1034 Τὸ μὲν οὖν μάλιστα συνέχον τὴν κεντροβαρικὴν πραγματείαν τοῦτ' ἂν εἴη, μάθοις δ' ἂν τὰ μὲν στοιχειώδη ὄντα διὰ ταύτης δεικνύμενα τοῖς Ἀρχιμήδους Περὶ ἰσορροπιῶν ἐντυχὼν καὶ τοῖς Ἥρωνος Μηχανικοῖς, ὅσα δὲ μὴ γνώριμα τοῖς πολλοῖς γράψομεν ἐφεξῆς, οἷον τὰ τοιαῦτα. 5

1034[7] Ἔστω τρίγωνον τὸ ΑΒΓ . . . τετμήσθωσαν γὰρ
1034[12] αἱ ΒΓ, ΓΑ δίχα τοῖς Δ, Ε, καὶ ἐπεζεύχθωσαν αἱ ΑΔ, ΒΕ [τὸ Ζ ἄρα κέντρον βάρους ἐστὶν τοῦ ΑΒΓ τριγώνου]. ἐὰν γὰρ τὸ τρίγωνον ἐπί τινος ὀρθοῦ ἐπι- 10 πέδου ἐπισταθῇ κατὰ τὴν ΑΔ εὐθεῖαν, ἐπ' οὐδέτερον μέρος ῥέψει τὸ τρίγωνον διὰ τὸ ἴσον εἶναι τὸ ΑΒΔ τρίγωνον τῷ ΑΓΔ τριγώνῳ. ἐπισταθὲν δὲ ὁμοίως τὸ ΑΒΓ τρίγωνον κατὰ τὴν ΒΕ ἐπὶ τοῦ ὀρθοῦ ἐπιπέδου ἐπ' οὐδέτερον μέρος ῥέψει διὰ τὸ ἴσα εἶναι τὰ 15 ΑΒΕ, ΓΒΕ τρίγωνα. εἰ δὲ ἐφ' ἑκατέρας τῶν ΑΔ, ΒΕ ἰσορροπεῖ τὸ τρίγωνον, τὸ ἄρα κοινὸν αὐτῶν σημεῖον τὸ Ζ κέντρον ἔσται τοῦ βάρους. νοεῖν δὲ δεῖ τὸ Ζ, ὡς προείρηται, κείμενον ἐν μέσῳ τοῦ ΑΒΓ τριγώνου ἰσοπαχοῦς τε καὶ ἰσοβαροῦς δηλονότι ὑποκει- 20
1036 μένου. καὶ φανερὸν ὅτι διπλασία ἐστὶν ἡ | μὲν ΑΖ τῆς ΖΔ, ἡ δὲ ΒΖ τῆς ΖΕ, καὶ ὅτι ὡς ἡ ΓΑ πρὸς ΓΕ, οὕτως ἡ ΑΒ πρὸς ΔΕ καὶ ἡ ΒΖ πρὸς ΖΕ καὶ ἡ ΑΖ πρὸς ΖΔ διὰ τὸ ἰσογώνια εἶναι καὶ τὰ ΔΖΕ,

---

3 aut ὄντα aut διὰ ταύτης δεικν. spuria existimat Hu 7 cf. Archim. de plan. aequilibr. I, 14 vol. II, 182 Heib. 9 [τὸ Ζ . . . τριγώνου] delevi auctore Arabe. cf. etiam infra v. 17. 18 16 ΒΓΕ A, corr. Hu 18—20 νοεῖν . . . ὑποκειμένου del. Hu, sed cf. interpres Arabs p. 190, 5. 6 22 ὅτι καὶ A, corr. Hu 23 ΓΕ correxi, ΑΕ A.

von $\gamma\varepsilon$ inne haben wird. Und wiederum wird bei einer vollständigen Schraubendrehung $\varepsilon\vartheta$, das jetzt die Stelle von $\gamma\varepsilon$ inne hat, ganz und gar zur Seite geschoben. Auch bei den folgenden Zähnen mufs man sich denselben 5 Vorgang denken, so dafs die Schraube, so oft in Bewegung gesetzt (gedreht), als die Welle Zähne hat, eine Umdrehung der Welle bewirkt.

II, 35.

Der Schwerpunkt eines Dreiecks. Fig. 74.

Das ist es nun, was besonders die Lehre vom Schwerpunkt ausmachen dürfte. Man kann die Ele- 10 mente derselben, welche in dieser Darstellung erläutert werden, lernen, wenn man die Schriften des Archimedes über das Gleichgewicht und Herons Mechanik liest. Alles, was den meisten nicht bekannt ist, werden wir unten erörtern, z. B. Punkte von folgender Art.

15 Es sei $\alpha\beta\gamma$ (Fig. 74) ein Dreieck, $\beta\gamma$ und $\gamma\alpha$ seien durch $\delta$, $\varepsilon$ halbiert, und man verbinde $\alpha\delta$, $\beta\varepsilon$. [$\zeta$ ist also Schwerpunkt für das Dreieck $\alpha\beta\gamma$.] Wenn nämlich das

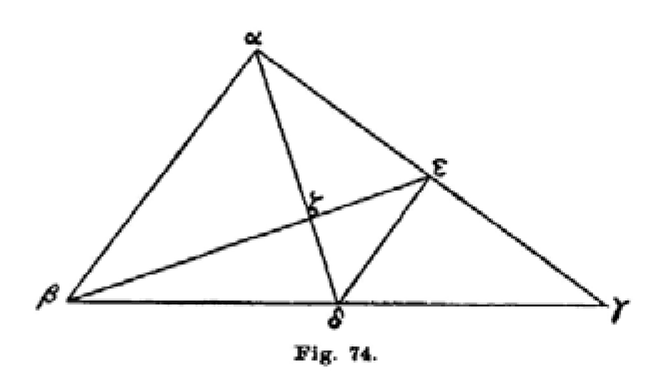


Fig. 74.

Dreieck auf irgend eine senkrechte Fläche in der Richtung der Geraden $\alpha\delta$ gestellt wird, so wird das Dreieck 20 sich nach keiner Seite neigen, weil das Dreieck $\alpha\beta\delta$ gleich dem Dreieck $\alpha\gamma\delta$ ist. Ebenso wird sich das Dreieck $\alpha\beta\gamma$, in der Richtung $\beta\varepsilon$ auf die senkrechte Ebene gestellt, nach keiner Seite neigen, weil die Dreiecke $\alpha\beta\varepsilon$, $\gamma\beta\varepsilon$ gleich sind. Wenn aber das Dreieck auf beiden Linien 25 $\alpha\delta$ und $\beta\varepsilon$ sich im Gleichgewicht befindet, so wird also

1036[4] *ΑΒΖ τρίγωνα καὶ τὰ ΓΔΕ, ΑΒΓ . . . καὶ εἰσὶν πα-*
1036[20] *ράλληλοι αἱ ΑΒ, ΔΕ, καὶ ἐπεξευγμέναι αἱ ΑΔ, ΒΕ*
1036[24] *τέμνουσιν ἀλλήλας κατὰ τὸ Ζ . . .*

## III, 1.

1130[6] *Ἐν δὲ τοῖς ἑξῆς ἐκ τοῦ γ΄ τῶν Ἥρωνος μηχανὰς γράψομεν πρὸς εὐκοπίαν καὶ λυσιτέλειαν ἁρμοζούσας,* 5 *δι᾽ ὧν πάλιν μεγάλα βάρη κινηθήσεται.*

*Τὰ μὲν οὖν ἀγόμενα ἐπὶ τοῦ ἐδάφους, φησίν, ἐπὶ χελώναις ἄγεται. ἡ δὲ χελώνη πῆγμά ἐστιν ἐκ τετραγώνων ξύλων συμπεπηγός, ὧν τὰ ἄκρα ἀνασεσι-μωται. ταύταις οὖν ἐπιτίθεται τὰ βάρη, καὶ ἐκ τῶν* 10 *ἄκρων αὐτῶν ἤτοι πολύσπαστα ἐκδέννυται ἢ ὅπλων ἀρχαί. ταῦτα δὲ ἤτοι ἀπὸ χειρὸς ἕλκεται ἢ εἰς ἐργάτας ἀποδίδοται, ὧν περιαγομένων ἡ χελώνη ἐπὶ τοῦ ἐδάφους σύρεται ὑποβαλλομένων σκυταλίων ἢ σανίδων. ἐὰν μὲν γὰρ μικρὸν ᾖ τὸ φορτίον, σκυτάλαις χρῆσθαι δεῖ,* 15 *ἐὰν δὲ μεῖζον, ταῖς σανίσιν διὰ τὸ ταύτας μὴ εὐκόλως σύρεσθαι. αἱ γὰρ σκυτάλαι κυλιόμεναι κίνδυνον ἔχουσιν* 1132 *τοῦ φορτίου ὁρμὴν λαβόντος. ἔνιοι | δὲ οὔτε σκυτάλαις οὔτε σανίσι χρῶνται, ἀλλὰ τροχοὺς ναστοὺς προσθέντες ταῖς χελώναις ἄγουσιν.* 20

## III, 2.

*Ἐπὶ δὲ τῶν εἰς ὕψος βασταζομένων φορτίων, φησίν, μηχαναὶ γίνονται αἱ μὲν μονόκωλοι, αἱ δὲ δίκω-λοι, αἱ δὲ τρίκωλοι, αἱ δὲ τετράκωλοι.*

---

2 *ἐπεξευγνυμέναι* A, corr. Hu 3 *τέμνουσαι* A, corr. Gerhardt: an ⟨*ἔσονται*⟩ *τέμνουσαι?* 4 f. *Ἥρωνος* ⟨*Μηχανικῶν*⟩ 5 *γράφομεν* A, corr. Hu 8. *ὑπὸ* Hu *χελώναις* scripsi. cf. 200, 23: *χελώνας* A, *χελώνης* Hu 8—9 *ἐκ τετραγώνων* Hu: *ἑκατέρα γωνιῶν* A 10 *ταύταις* A, *τούτοις* Hu 13 *ἀποδίδοται* Hu: *ἀποδέδεται* A 16 f. *εὐκόπως*, nisi mavis *εὐκυλ*⟨*ίστ*⟩*ως*. cf. vol. I, 380, 10

ihr gemeinsamer Punkt $\zeta$ Schwerpunkt sein. Man mufs sich aber $\zeta$, wie oben bemerkt, in der Mitte des Dreiecks $\alpha\beta\gamma$ liegend denken, welches (als Körper) natürlich als gleichmäfsig dick und schwer vorausgesetzt ist. Offenbar
5 ist $\alpha\zeta = 2\zeta\delta$, $\beta\zeta = 2\zeta\varepsilon$ und $\frac{\gamma\alpha}{\gamma\varepsilon} = \frac{\alpha\beta}{\delta\varepsilon}$ und $\frac{\beta\zeta}{\zeta\varepsilon} = \frac{\alpha\zeta}{\zeta\delta}$, weil die Dreiecke $\delta\zeta\varepsilon$, $\alpha\beta\zeta$ und $\gamma\delta\varepsilon$, $\alpha\beta\gamma$ gleiche Winkel haben ... Und $\alpha\beta$, $\delta\varepsilon$ sind parallel. Verbindet man ferner $\alpha\delta$, $\beta\varepsilon$, so schneiden sie sich gegenseitig in $\zeta \cdots$ [1])

III, 1.

Im folgenden wollen wir aus dem 3. Buche von
10 Herons Mechanik Maschinen beschreiben, die sich zu einer leichten und nützlichen Verwendung eignen und durch welche wiederum grofse Lasten bewegt werden.

**Der Rollschlitten. Fig. 75.**

Die Lasten, welche auf dem Boden gezogen werden, sagt er (Heron), schleppt man auf Schild-
15 kröten (Chelóne, die Schleife, eine Art Schlitten). Die Schleife (Fig. 75) ist ein aus vierkantigen Hölzern zusammengefügter Rahmen, deren (vordere) Enden nach oben hin

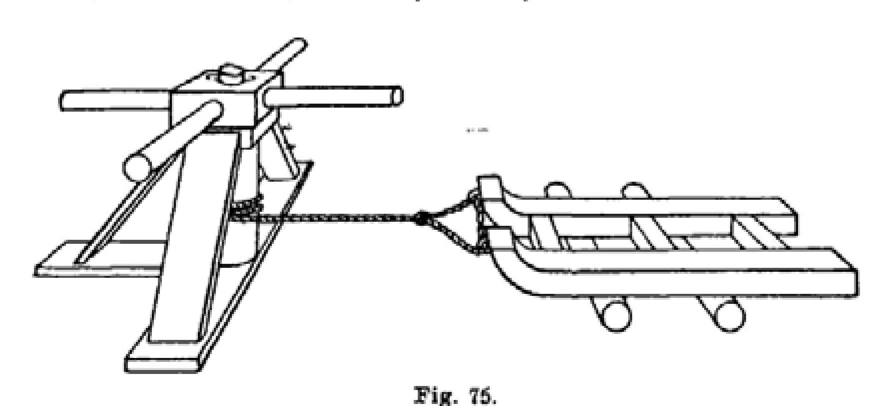


Fig. 75.

abgestumpft sind. Auf diese Kröten nun werden die Lasten gesetzt, und an ihre Enden werden entweder Flaschenzüge
20 oder Seilenden gebunden. Die Seile werden entweder von

1) Den vollständigen Beweis siehe bei Pappus 1034.

*Αἱ μὲν οὖν μονόκωλοι οὕτως. ξύλον εὔτονον λαμβάνεται ὕψος ἔχον μεῖζον ἢ οὗ βουλόμεθα τὸ φορτίον μετεωρίσαι, κἂν μὲν αὐτὸ καθ' αὐτὸ ἰσχυρὸν ᾖ, ὅπλον βάλλοντες περὶ αὐτὸ [καὶ σφίγγοντες] καὶ διαμηρυόμενοι κατὰ ἐπείλησιν ἀποσφίγγουσιν. τῶν δὲ* 5

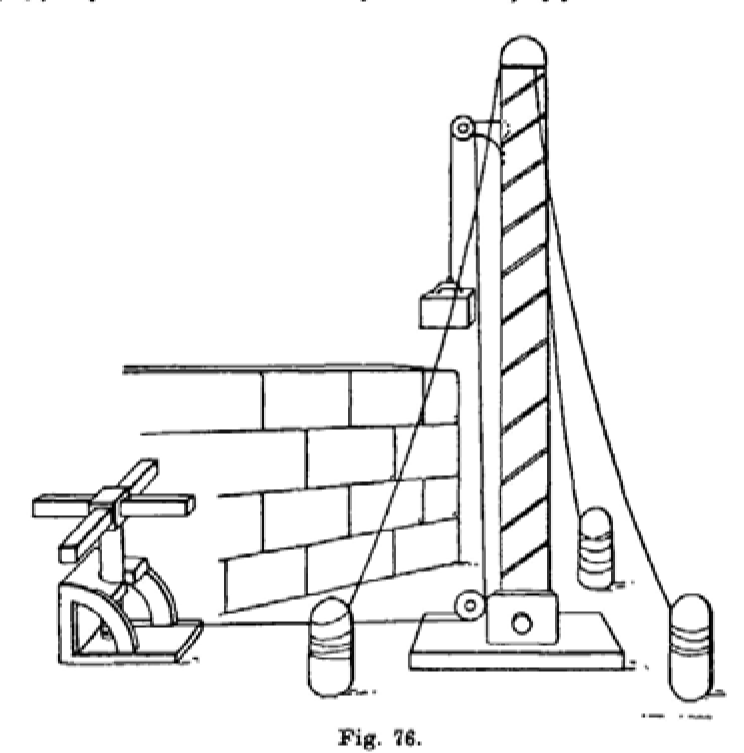


Fig. 76.

*ἐπειλήσεων τὸ μεταξὺ διάστημα οὐ πλεῖον γίνεται παλαιστῶν δ', καὶ οὕτως εὐτονώτερόν τε γίνεται τὸ ξύλον καὶ αἱ τοῦ ὅπλου ἐπειλήσεις ὥσπερ βαθμοὶ τοῖς ἐργαζομένοις καὶ βουλομένοις εἰς τὸ ἄνω μέρος ἐργάζεσθαι εὔχρηστοι γίνονται. ἐὰν δὲ μὴ ᾖ εὔτονον τὸ* 10 *ξύλον, [ἐκ πλειόνων συμβλητὸν γίνεται,] στοχάζεσθαι*

1 f. *οὕτως* <*κατασκευάζονται*> 4 *καὶ σφίγγοντες* del. Hu 9 f. *καὶ βουλομένοις ... ἐργάζεσθαι* del. *μέρος ἐργάζεσθαι*: *μετεωρίζεσθαι* Hu 11 *ἐκ ... γίνεται* delevi. cf. p. 202, 27

der Hand gezogen oder nach Göpeln (Erdwinden) geleitet. Dreht man diese um, so wird die Schleife auf dem Boden weiter geschleppt, indem man Walzen oder Bretter (Bohlen) darunter legt. Ist die Last klein, so mufs man 5 sich der Walzen bedienen; ist sie dagegen gröfser, so mufs man Bohlen nehmen, weil diese nicht so leicht fortgleiten. Die Walzen bergen, weil sie rollen, Gefahr in sich, wenn die Last einen Antrieb (zur Bewegung) erhält. Manche gebrauchen aber weder Walzen noch 10 Bohlen, sondern setzen an die Schlitten starke Räder und schaffen sie so vorwärts.

## III, 2.

Der Kran. Fig. 76.

Bei den Lasten, welche in die Höhe gehoben werden, sagt er, werden teils Krane mit nur einem Mast, teils mit zwei, teils mit drei, teils mit vier verwendet.

15 Die Krane mit einem Maste sind folgendermafsen eingerichtet. Man nimmt einen starken Mast (Fig. 76), der eine gröfsere Höhe hat als bis wohin wir die Last heben wollen. Auch wenn der Mast schon an sich stark ist, so legt man doch ein Seil herum, zieht es quer in 20 Windungen auf den Mast und schnürt es fest. Der Abstand zwischen den Windungen beträgt nicht mehr als vier Handbreiten (= 31 cm). Und so gewinnt der Mast an Festigkeit, und die Aufwickelungen des Seiles sind für die Arbeiter, die oben etwas ausführen wollen, als Stufen 25 verwendbar. Ist der Mast (von Natur) nicht stark[1]), so mufs man danach trachten, dafs der Mast für die Lasten, welche emporgehoben werden sollen, nicht zu schwach ist.[2]) Es steht nun der Mast senkrecht auf einem Untersatze von Holz. Und an sein (oberes) Ende werden etwa drei 30 bis vier Seile gebunden, angespannt und nach einigen festliegenden Punkten geleitet, damit der Mast einem ge-

1) Hier folgt ein Einschiebsel: 'so wird er aus mehreren zusammengesetzt'.

2) D. h. die Lasten dürfen nicht zu schwer sein.

δεῖ τῶν μελλόντων βαστάζεσθαι φορτίων, ὅπως μὴ
ἀσθενέστερον τὸ κῶλον ὑπάρχῃ. ἵσταται οὖν τὸ κῶ-
λον ὀρθὸν ἐπί τινος ξύλου, καὶ ἐκ τοῦ ἄκρου αὐτοῦ
ὅπλα ἐκδέννυται τρία που ἢ τέσσαρα καὶ ἀποταθέντα
ἀποδίδοται πρός τινα μένοντα χωρία, ὅπως τὸ ξύλον, 5
ὅπου ἄν τις βιάζηται, μὴ παραχωρῇ κατεχόμενον ὑπὸ
τῶν ἀποτεταμένων ὅπλων. ἐκ δὲ τοῦ ἄνω μέρους
αὐτοῦ πολύσπαστα ἐξάψαντες καὶ ἀποδιδόντες εἰς τὸ
φορτίον ἐπισπῶνται ἤτοι ἀπὸ χειρὸς ἢ εἰς ἐργάτας
ἀποδόντες, † εἰς ὅταν μετεωρισθῇ τὸ φορτίον. κἂν δέῃ 10
τὸν λίθον ἐκτεθῆναι ἐπὶ τεῖχος ἢ ὅπου βούλεταί
1134 τις, ἐκλύσαντες ἓν τῶν | ἐκδεννυμένων ἐκ τοῦ ἄκρου
ὅπλων τὸ ἐπὶ τὰ ἕτερα μέρη τοῦ φορτίου κείμενον
ἐγκλίνουσιν τὸ κῶλον καὶ τὰς σκυτάλας ὑποβάλλοντες
ὑπὸ τὸ φορτίον ἐν τοῖς μέρεσιν, ἐν οἷς ἡ σφενδόνη 15
ἐν τῷ λίθῳ οὐκ ἐπείληται, χαλῶσι τὰ ἀγόμενα τῶν
πολυσπάστων, ἄχρι ἂν ἐπικαθίσῃ τὸ φορτίον ταῖς σκυ-
τάλαις, εἶτ' ἐκλύσαντες τὴν σφενδόνην μοχλεύουσι τὸ
φορτίον, ἄχρι οὗ εἰς ὃν βούλονται τόπον παράξωσιν.
εἶτα πάλιν τὸ ὑποκείμενον τῷ κώλῳ ξύλον ὅπλῳ ἐπι- 20
σπασάμενοι ἀπὸ χειρὸς περιάγουσιν ἐπὶ ἕτερον μέρος
τοῦ οἰκοδομήματος ἅμα ἀνιέντες τοὺς ἀποτόμους, καὶ
1134[11] πάλιν ἐκδήσαντες χρῶνται, ὡς προείρηται.

---

4 ἀποτεθέντα A, corr. Hu. p. 1274 8 ἀποδόντες Hu 10 εἰς ὅτ' ἂν A: ἕως ἂν Hu: f. ἔστ' ἂν 11 ἐκτεθῆναι (ἐντεθῆναι A) Par. 2440: ἐπιθεῖναι vel ἐπενθεῖναι Hu 12 ἐλκύσαντες $A_1$, corr. $A_2$ ἐκδεδεμένων Hu 14 καὶ scripsi: ἢ A 16 ἐπείληται: f. ἐπίκειται vel ἐπι⟨κάθ⟩ηται 20 εἶτε A, corr. Hu 22 τοὺς ἀπό: f. τὰ ὅπλα Hu ἀποτόμους: f. ἀπο⟨τεταμένους ἐπι⟩τόνους

waltsamen Drucke nicht nachgiebt, sondern von den gespannten Seilen festgehalten wird. Dann befestigt man oben am Maste Flaschenzüge, leitet das Seil nach der Last und zieht es entweder mit der Hand oder mit
5 Hilfe von Göpeln an, wohin man das Seil leitet, bis die Last emporgezogen ist. Und wenn es nötig ist, daſs der Stein auf eine Mauer oder einen beliebigen Ort ausgeladen wird, macht man eines der an das Ende gebundenen Seile los, nämlich dasjenige, welches auf der
10 anderen Seite der Last (= der Last entgegengesetzten) liegt und neigt den Mast, und indem man die Walzen unter die Last auf der Seite schiebt, auf welcher am Steine die Schleuder (S. 214, 19) nicht angelegt ist, läſst man die angezogenen Flaschenzüge locker, bis die Last
15 auf den Walzen sitzt. Dann macht man die Schleuder los und schiebt die Last mit Hilfe von Hebeln vorwärts, bis man sie an die gewünschte Stelle geschafft hat. Nachdem man darauf wieder das unter dem Maste liegende hölzerne Gerüst mit einem Seile angezogen hat, führt man
20 es mit der Hand nach einem anderen Teile des Baues[1]), indem man zugleich die gespannten Haltetaue[2]) losmacht. Dann bindet man sie wieder an und benutzt den Kran, wie oben angegeben.

---

1) Der Text weicht hier von der arabischen Überlieferung ab. Es ist hier das Zurückbiegen des Mastes in seine senkrechte Stellung als selbstverständlich vorausgesetzt.

2) Die Stelle ist im Griechischen verderbt. Es kann wohl nicht an die Seile des Flaschenzuges gedacht sein, weil sie in diesem Augenblicke bereits locker sind, auch nach Wiederaufrichtung des Mastes. Um aber den Kran nach einer andern Stelle schaffen zu können, muſsten, da das dritte Haltetau bereits losgemacht war, noch die beiden andern losgelöst werden.

# [CLAUDII PTOLOMEI]
# DE SPECULIS

RECENSUIT

GUILELMUS SCHMIDT

## CONSPECTUS NOTARUM.

O = Vaticano-Ottobonianus 1850 s. XIII
A = Amplonianus Qu. 387 s. XIV
E = editio Veneta 19. Jan. 1518
R = Rose Anecdota Graecolatina II, 317—330, Berlin 1870
Witelo = Vitellonis opticae l. X ed. F. Risner. Basileae 1572

---

# EINLEITUNG.

Dafs Heron ein Buch über Katoptrik geschrieben hat, bezeugt Damianos *Περὶ τῶν ὀπτικῶν ὑποθέσεων* Kap. 14, S. 20, 12 ed. R. Schöne: *ἀπέδειξε γὰρ ὁ μηχανικὸς Ἥρων ἐν τοῖς αὐτοῦ Κατοπτρικοῖς, ὅτι αἱ πρὸς ἴσας γωνίας κλώμεναι εὐθεῖαι ἐλάχισταί εἰσι τῶν μέσων*[1]) *τῶν ἀπὸ τῆς αὐτῆς καὶ ὁμοιομεροῦς* (homogenen) *γραμμῆς πρὸς τὰ αὐτὰ κλωμένων* [*πρὸς ἀνίσους γωνίας*]. *τοῦτο δὲ ἀπο δείξας φησὶν ὅτι εἰ μὴ μέλλοι ἡ φύσις μάτην περιάγειν τὴν ἡμετέραν ὄψιν, πρὸς ἴσας αὐτὴν ἀνακλάσει γωνίας.* Aufser dieser Notiz und einem Fragmente bei Olympiodor zu Aristot. Meteorol. vol. II, 96 Ideler (s. unten S. 368) ist uns aber vom griechischen Texte nichts überliefert.

Nun haben wir eine lateinische Schrift, welche lange Zeit hindurch für ein Bruchstück der Optik des Ptolemaeus galt, weil sie sowohl in den beiden Handschriften als in der Ausgabe als *Ptolomeus de speculis* bezeichnet wird. Nachdem aber die lateinische Optik des Ammiratus (Admiral) Eugenius Siculus bekannt geworden und, besonders durch Martin 1871[2]), gegen die Zweifel von

---

1) Da Cod. Magliab. II. III 36 s. XVI hier *τῶν* ausläfst, so möchte ich statt *μέσων* lesen *πασῶν*, also *εἰσι πασῶν τῶν κτέ.* und die Worte *πρὸς ἀνίσους γωνίας* mit R. Schöne für ein überflüssiges Glossem halten, zumal sie bei Ptolomeus S. 324, 22 auch fehlen. J. Hirschberg *Geschichte der Augenheilkunde im Alterthum.* Leipzig 1899 S. 170 Anm. 2 erklärt *ἐλάχισται ... μέσων*: 'ein Minimum darstellen im Vergleich zu den mittleren'.

2) *Ptolémée, auteur de l'Optique traduite en latin par Ammiratus Eugenius Siculus* sur une traduction arabe incomplète, *est-il le même que Claude Ptolémée, auteur de l'Almageste?* bei Boncompagni Bull. di bibl. e storia delle scienze mat. e fis. Roma IV, 466—469.

Caussin (1822) der Nachweis erbracht war, daſs dies wirklich die Optik des Ptolemaeus nach einer arabischen Übersetzung sei, ergab sich von selbst, daſs die Schrift *de speculis* den Namen des Ptolemaeus mit Unrecht trage. Vielmehr gehört sie, schon nach Venturi[1]), aus folgenden Gründen dem Heron an. Zunächst weist der Autor der Schrift de speculis auf eine Schrift über die Dioptrik hin (318, 8), wie wir sie auch von Heron besitzen. Allerdings hatte auch Euklid nach Plutarch *Non posse suaviter vivi secundum Epicurum* Kap. 10, p. 1093*E* (*Εὐκλείδην γράφοντα τὰ διοπτρικά*, Bd. VI ed. Bernard.) über Dioptrik geschrieben. Indessen sind wohl damit die geodätischen Aufgaben in Kap. 18—21 der Optik (VII, 174—178 ed. Heib.) gemeint und keine selbständige Schrift. Sodann findet sich der oben aus Damianos angeführte Satz, daſs der Lichtstrahl bei der Reflexion immer den kürzesten Weg einschlägt, weder bei Euklid noch bei Ptolemaeus, wohl aber in unserer Schrift S. 322, 8, wenn auch in einer etwas abweichenden Form. Schlieſslich läuft auch in unserer Schrift, wie in allen übrigen Heronischen Werken, alles auf die praktische Verwendung hinaus, sei es zum Nutzen, sei es zur Unterhaltung. Obwohl die drei Gründe für Herons Autorschaft nicht zwingend sind, so machen sie dieselbe doch bis zu einem gewissen Grade wahrscheinlich. Rose[2]) hat darauf hingewiesen, daſs der Eingang der Schrift mit seinem Hinweis auf die Platonische Sphärenmusik wohl Bedenken errege. Obgleich man daran denken könnte, diesen Eingang für interpoliert zu halten und die eigentliche Heronische Schrift erst mit den Worten *negotium quod circa visus* 318, 3 beginnen zu lassen, wie eben die meisten Heronischen Werke beginnen[3]), so ist doch

1) *Commentarj sopra la storia e le teorie dell' ottica.* Bologna 1814 S. 52.

2) *Anecdota Graeca et Graecolatina* II, 296. Berlin 1870.

3) *Negotium* ist die herkömmliche Übersetzung für *πραγματεία*. Vgl. Heron Pneum. 2, 4 und Buranas Übersetzung in

beachtenswert, daſs auch Straton, Herons Quelle im Prooemium der Pneumatik, eine Art Undulationstheorie für Akustik[1]) und Optik aufgestellt hat. Wenn also eine ähnliche Beziehung zwischen Akustik und Optik im Ptolemeus de speculis 316, 2 hervorgehoben wird, so würde das wieder auf Straton hinweisen, also der Autorschaft Herons nicht widersprechen, sondern sie unterstützen.

Daſs die Betonung der praktischen Verwendung für Heron charakteristisch ist, zeigen Wendungen wie Pneum. 2, 18, 19 *ἀναγκαιοτάτας χρείας*, Mech. II, 4 *μεγάλας χρείας παρεχομένη*, Dioptra 174, 4 Vi. *Τῆς διοπτρικῆς πραγματείας πολλὰς καὶ ἀναγκαίας παρεχομένης χρείας*, Dioptra 176, 2 *πολλὰς παρέχεται τῷ βίῳ χρείας ἡ πραγματεία*, sowie der Inhalt seiner sonstigen Schriften. Des Pseudo-Ptolomeus Betonung der *opportunitates necessariae* 318, 18, die ja in dessen Schrift thatsächlich in den Vordergrund treten, würde also gut dazu passen.

Es fehlt auch nicht an Ähnlichkeiten im Ausdruck: 318, 9 *katoptricum negotium esse dignum studio;* vgl. Autom. 338, 3 *Τῆς αὐτοματοποιητικῆς πραγματείας ὑπὸ τῶν πρότερον ἀποδοχῆς ἠξιωμένης* und Pneum. 2, 4 *Τῆς πνευματικῆς πραγματείας σπουδῆς ἠξιωμένης*. Also könnte obige Wendung griechisch etwa *τὴν κατοπτρικὴν πραγματείαν σπουδῆς ἠξιωμένην* gelautet haben, wenn man über die kleine Ungenauigkeit beim Gebrauche von *dignum* statt *dignatum* hinwegsieht. Aber auch das 318, 10 unmittelbar folgende *admirabilem speculationem* hat Autom. 338, 5. 342, 4 in der Wendung *τὸ ἔκπληκτον τῆς θεωρίας* seine Parallele. Die Schluſsworte der Ein-

---

meinem Programme *Das Prooemium d. Pneum.* in latein. Übersetzung. Braunschw. 1894 S. 31, 3: Negotii spirabilium = *Τῆς πνευματικῆς πραγματείας*. Also *negotium circa visus* = *Τῆς ὀπτικῆς πραγματείας*. Ähnlich der Anfang der Autom. 338, 3 *Τῆς αὐτοματοποιητικῆς πραγματείας* und der Dioptra 174, 4 *Τῆς διοπτρικῆς πραγματείας*.

1) Wie schon Herakleides der Pontiker, s. Diels *Über das physikalische System des Straton*. Stzgsber. d. Kgl. preuſs. Akad. d. Wiss. 1893, S. 114, Anm. 4

leitung der Katoptrik S. 320, 6—7 *puto necessarium existere accepta ab hiis qui ante nos descriptione dignificari* stimmen fast wörtlich mit Her. Dioptra 174, 5ff. *ἀναγκαῖον εἶναι νομίζω τά τε ὑπὸ (ἀπὸ?) τῶν πρὸ ἐμοῦ (πρὸ ἡμῶν* Autom. 354, 10) *παραληφθέντα (καί, ὡς προείρηται, χρείαν παρέχοντα) γραφῆς ἀξιῶσαι.*[1]) Selbst die Wendung *ut in nullo deficiat negotium* hat wenigstens im Gedanken eine Analogie in den Autom. 342, 8 (*μηδὲν ἐπιζητοῦντα*). Wäre das, was von der Katoptrik erhalten ist, nicht so stark gekürzt, so würden sich vielleicht noch mancherlei sprachliche Vergleichspunkte ergeben.

Am vollständigsten sind noch die letzten Kapitel der Katoptrik. Aus diesen läfst sich jedenfalls die Anlage und die methodische Behandlung der einzelnen Probleme erkennen. Es ist dasselbe Verfahren wie vielfach in der Pneumatik. Nach der Aufgabe folgt eine Art analytischer Betrachtung des Einzelnen und darauf die zusammenfassende Darstellung des Ganzen. Man vergleiche z. B. von Pneum. I, 28 die Analysis 130, 13 bis 134, 2, die Synthesis 134, 2—136, 8. Ebenso in der Katoptrik Kap. 18 Analysis S. 358, 5—360, 17, die Synthesis S. 360, 17—364, 4. Ähnlich Katoptrik 16 (352, 8—354, 17 Anal., 354, 17—356, 10 Synth.). Auch die summarische Übersicht im Anfang der Katoptrik 318, 11—320, 5 findet ihre Analogie in der Einleitung der Autom. 338, 9—340, 23.

Ich möchte es aus den angeführten Gründen nunmehr für sicher halten, dafs uns im Ptolomeus de speculis Herons Katoptrik, wenngleich in stark gekürzter und verderbter Gestalt, vorliegt.

Dafs die Schrift unmittelbar aus dem Griechischen, nicht etwa aus dem Arabischen übersetzt ist, beweisen mehrere Graecismen, z. B. 320, 2 *εἴδωλον*, 342, 7 *πολυθέωρον*, 344, 16 *ἡμιόλιος*, 346, 20 *ἐμβολέα*, siehe auch unten S. 322, 2. 11. 13. 344, 1 u. a. Der griechische

---

1) Vgl. noch unten die Bemerkungen zu Kap. 15 S. 350, 16.

Artikel wird oft durch *ipse* (s. unten S. 348, 12) oder auch durchs Relativum gegeben. Die Reihenfolge der Buchstaben dagegen ($a$, $b$, $g$ $(=\gamma)$, $d$, $e$, $z$, $h$ $(=\eta)$, $t$ $(=\vartheta)$ u. s. w.), welche ebenfalls griechisch ist, würde nicht ausschlaggebend sein können, da diese meist auch von arabischen Übersetzungen beibehalten wird.

Der Übersetzer ist nach Martins[1]) wahrscheinlicher Vermutung Wilhelm von Moerbeek (bei Gent), Dominikanermönch und derzeit Beichtvater und Kaplan am Apostolischen Stuhle, derselbe, dem Witelo seine ausführliche[2]) Optik gewidmet hat. Gerade dieser hat den sog. Ptolomeus de speculis zuerst benutzt. Auch stimmt die Subskription unserer Katoptrik aus dem Jahre 1269 in der formelhaften Ausdrucksweise mit den unzweifelhaften Subskriptionen Wilhelms überein. Martins Vermutung ist neuerdings durch den von F. Ehrle *Historia Bibliothecae Romanorum Pontificum* I, Rom 1890 S. 95—99 veröffentlichten Katalog der Päpstlichen Bibliothek vom Jahre 1311 zur Gewifsheit geworden. S. auch J. L. Heiberg *Les premiers manuscrits grecs de la bibliothèque papale.* Extrait du Bulletin de l'Académie Royale Danoise des Sciences et des Lettres pour l'année 1891. Copenhague 1892 S. 13, und J. L. Heiberg *Die von Wilhelm von Moerbek benutzten Handschriften,* Ztsch. f. Math. u. Phys. Hist.-litt. Abt. 37 (1892), S. 81. Danach enthielt No. 608 'perspectiva ipsius (Tholomei)', und zwar griechisch. Hierauf geht also die von Wilhelm angefertigte Übersetzung zurück. An welchem Orte sie entstanden ist, ob in Viterbo (s. Rose S. 294), wo sich auch Witelo (Risner praef. Blatt $2^v$) zeitweise aufgehalten hat, oder in Rom, das ist jetzt wohl ziemlich gleichgiltig.

Gedruckt ist Ptolomeus de speculis in dem Sammelwerke: *Sphera* cum commentis in hoc volumine contentis

---

1) Mém. prés. à l'acad. I, 4. Paris 1854 S. 63.

2) Vitellonis Thuringopoloni *opticae libri decem* instaurati etc. a Federico Risnero. Basileae [1572]. Sie sind mit dem *Opticae thesaurus* Alhazeni vereinigt.

videlicet u. s. w. Venetiis impensa heredum quondam Domini octaviani Scoti Modoetiensis: ac sociorum. 19. Januarii 1518. Der bis jetzt nur aus der Marciana und aus Boncompagnis Bibliothek bekannte Originaldruck ist von B. Boncompagni *Delle versioni fatte da Platone Tiburtino, traduttore del secolo duodecimo.* Roma 1851 S. 9—15 ausführlich beschrieben. Das Exemplar der Marciana ist von Rose a. a. O. benutzt. Von dem bereits im Jahre 1518, 30. Juni durch Luca Antonio Giunti erfolgten Nachdrucke (B. Boncompagni S. 16—22: Sphera mundi noviter recognita cum commentariis et authoribus) ist je ein Exemplar aus Boncompagnis Bibliothek, aus der Alessandrina und der Angelica in Rom (Boncompagni S. 23), aus Paris und aus Wolfenbüttel bekannt. Das Wolfenbüttler Exemplar (Blatt $250^v$, b—$232^v$, b [Druckfehler statt $252^v$]) habe ich verglichen und die Figuren nachgezeichnet. Die Abweichungen vom Originaldrucke[1]) sind unwesentlich und der Erwähnung unwert. Vgl. auch Fr. Orioli bei Boncompagni a. a. O. S. 24.

Es ist Roses Verdienst, in dem Cod. Amplon. Qu. 387 (=A) s. XIV (vgl. Schum, *Beschreibendes Verzeichnis der Amplonianischen Sammlung zu Erfurt.* Berlin 1887 S. 649) zuerst ein handschriftliches Exemplar des Ptolomeus de speculis entdeckt und für seine Edition in den *Anecdota Graeca et Graecolatina* II, 291, 315—330 mit Erfolg verwertet zu haben. Da Rose es indessen unterlassen hat, Figuren beizugeben, weil sie allerdings sowohl in der Hs. als in dem Drucke teilweise mangelhaft sind, so dürfte bis jetzt den meisten ein genaues Verständnis der ganzen Schrift verschlossen gewesen sein.

Für die vorliegende Ausgabe ist der Amplonianus von neuem verglichen, wenn auch ohne nennenswerten

1) Da der Originaldruck gegenüber den Hss. minderwertig ist, so ist er nicht von neuem verglichen, zumal es Schwierigkeiten machte, ihn in Deutschland zu benutzen. — Auch in der Barberiniana soll ein Druck sein, ob Original- oder Nachdruck, ist unbekannt.

Ertrag. Die Hs. verwendet viele Abkürzungen und hat sich oft bei den Buchstaben zuerst geirrt, dann freilich die falschen durch untergesetzte Punkte getilgt und darauf die richtigen hingeschrieben. Eine vollständige Wiedergabe der Varianten des Amplonianus ist nicht beabsichtigt.

Die verhältnismäfsig beste Überlieferung bietet uns der Cod. Vaticano-Ottobonian. 1850 (= O) s. XIII, Fol. 60r—61v, dessen Kollation uns Giuseppe Arsenio aus Rom besorgt hat. Wir geben hiervon sämtliche Varianten. Wahrscheinlich ist O unsere einzige selbständige Quelle. Wenigstens bieten A und der Druck neben O aufser 318, 1. 23. 320, 22. 344, 21. 356, 1. 15. 16 kaum etwas Beachtenswertes. Dagegen sind sie nicht frei von Interpolationen (316, 18. 322, 3. 20. 326, 11. 332, 21. 344, 1. 358, 1. 360, 20). Sonstige, gemeinsame Fehler, z. B. 322, 18. 326, 12. 364, 2, weisen darauf hin, dafs sie, obwohl von einander unabhängig, nicht direkt aus O, sondern aus einer Abschrift von O geflossen sind, die noch vorhanden sein kann, aber uns zur Zeit nicht bekannt ist.

Die griechische Vorlage des Wilhelm von Moerbeek scheint schon ziemlich verderbt gewesen zu sein. Ob Witelo (13. Jh.), wie Martin meint, ein wesentlich besseres Exemplar des Ptolomeus de speculis für seine Optik benutzt hat, steht dahin. Ein Vergleich des letzten Kapitels, welches die Geistererscheinung behandelt, beweist m. E. deutlich genug, dafs Witelo die Sache so giebt, wie er selber sie sich zurechtgelegt hat. Sonst könnten die Abweichungen von dem nunmehr hoffentlich einigermafsen lesbaren Texte dieses Kapitels nicht so erheblich sein. Und von dem Klappspiegel[1]) in Kapitel 11, wenn anders unsere Auffassung richtig ist, macht doch Witelo auch nicht die geringste Andeutung. Auf alle Fälle aber kann man sich auch hier bei ihm nicht Rats erholen. Möglicherweise hat Witelo aber O zur Hand gehabt.

---

1) Bei den gewöhnlichen Klappspiegeln bildete der eine Teil den Deckel. So dürfte es z. B. auch bei dem Klappspiegel der Ephem. III, 1, Tafel II sein. Vgl. zu Herons Klappspiegel unten S. 313, 4 ff. die Stelle aus Plutarch.

Für die Rekonstruktion der Figuren sind unter Vergleichung der hsl. Figuren die des Wolfenbüttler Druckes zu Grunde gelegt. Die hsl. Figuren sind teilweise (in O Fig. 79. 89, in A aufserdem 81. 83. 86), nicht alle, nach der entgegengesetzten Seite gewandt. Fig. 83. 91 weichen in O von den übrigen sehr ab. *ag* (Fig. 79) ist horizontal (*d* unten).

Bei der Schwierigkeit, die diese Schrift dem Verständnisse bot, darf der vorliegende Versuch einer neuen Ausgabe wohl auf besondere Nachsicht rechnen.

Ich füge noch einige Figuren des alten Druckes, bezw. der Hs. hinzu, deren Kenntnis dem Leser gerade da erwünscht sein wird, wo hinsichtlich der gegebenen Rekonstruktion Zweifel obwalten, wie z. B. bei Fig. 84. Die Originalansicht derselben nach dem Drucke und den Hss. giebt Fig. 84h u. i.

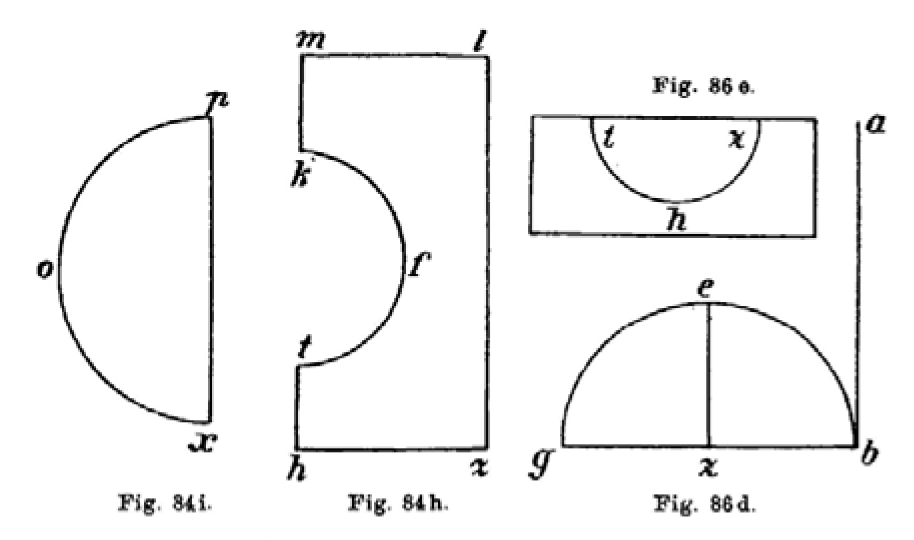



Fig. 84i. Fig. 84h. Fig. 86e. Fig. 86d.

Fig. 86d u. e sind um ein Drittel verkleinerte Figuren des Druckes zum Vexierspiegel. In der Hs. A steht 86e auf der Schmalseite, der Buchstabe *g* in 86d fehlt im Drucke und an Stelle von *e* steht irrtümlich *c*. In O fehlt die Linie *ez*. In Fig. 87 konvergieren *ah*, *hz* nach O. Aus der Zeichnung des Druckes und der Hss. zu Fig. 89 geht hervor, dafs sie sich den Spiegel an der Decke angebracht denkt. In Fig. 88a hat O die Senkrechten bei *b* und *g* nicht.

Cod. Amplon. Qu. 385 Fol. 204$^{v}$ s. XV enthält in dem schwer lesbaren Abschnitte, welcher überschrieben ist: 'Preparatio speculi in quo videas alterius ymaginem et non omnia' eine im Wortlaut abweichende Beschreibung der Heronischen Vorrichtung in Kap. XVIII. Die Beschreibung[1]) beginnt: Hic *ab* paries super superficiem *bg* (= *bd* bei Heron) ortogonatur erecta et *bd* (= *bg* bei Heron) sit speculum quod inclinetur secundum quantitatem anguli *abg* tertiae rationis (Hs. $\overline{ra}$) sicque speculum quadratum dictum protrahatur *bc* (*bd*?), donec angulus *abd* sit tertia ratio. Schluſs: cum igitur consideramus a loco *g*, videbimus formam in speculo, nostram vero non videbimus. et hec est huius forma. Die beigegebene Figur hat mit der hslichen Figur zu Kap. XVIII groſse Ähnlichkeit. Der Urheber der erwähnten Beschreibung kann den Pseudo-Ptolomeus de speculis nicht zur Hand gehabt haben, sondern hat die Vorrichtung wahrscheinlich nach dem Gedächtnisse aufgezeichnet und beschrieben. So viel ist jedenfalls sicher, daſs der erwähnte Abschnitt auf Bedeutung für die Textkritik des Pseudo-Ptolomeus keinen Anspruch erheben kann.

Zum Schluſs seien noch einige einschlägige Stellen aus Plato u. a. mitgeteilt.

Plato Timaeus 46$^{a-c}$ (vgl. auch Cicero Timaeus und Chalcidius Tim., beides bei Schneider *Eclog. phys.* II 277 abgedruckt):

*Τὸ δὲ περὶ τὴν τῶν κατόπτρων εἰδωλοποιίαν, καὶ πάντα ὅσα ἐμφανῆ καὶ λεῖα, κατιδεῖν οὐδὲν ἔτι χαλεπόν. ἐκ γὰρ τῆς ἐντὸς ἐκτός τε τοῦ πυρὸς ἑκατέρου κοινωνίας ἀλλήλοις, ἑνός τε αὖ περὶ τὴν λειότητα ἑκάστοτε γενομένου καὶ πολλαχῇ μεταρρυθμισθέντος, πάντα τὰ τοιαῦτα ἐξ ἀνάγκης ἐμφαίνεται, τοῦ περὶ τὸ πρόσωπον πυρὸς τῷ περὶ τὴν ὄψιν*

1) Sie steht nach M. Curtze *Über eine Hs. der Kgl. Bibl. zu Dresden.* Ztsch. f. Math. u. Phys. Hist.-litt. Abt. 28 (1883) S. 12 auch im Dresdensis Db 86 s. XIV, aber hier ohne Figur, und nach Rose *Anecdota* II 291 in einem Parisinus. Diese beiden Hss. lagen mir nicht vor.

*πυρὶ περὶ τὸ λεῖον καὶ λαμπρὸν ξυμπαγοῦς γιγνομένου. δεξιὰ δὲ φαντάζεται τὰ ἀριστερά, ὅτι τοῖς ἐναντίοις μέρεσι τῆς ὄψεως περὶ τἀναντία μέρη γίγνεται ἐπαφὴ παρὰ τὸ καθεστὸς ἔθος τῆς προσβολῆς. δεξιὰ δὲ τὰ δεξιὰ καὶ τὰ ἀριστερὰ ἀριστερὰ τοὐναντίον, ὅταν μεταπέσῃ συμπηγνύμενον ᾧ συμπήγνυται φῶς· τοῦτο δέ, ὅταν ἡ τῶν κατόπτρων λειότης, ἔνθεν καὶ ἔνθεν ὕψη λαβοῦσα, τὸ δεξιὸν εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος ἀπώσῃ τῆς ὄψεως καὶ θάτερον ἐπὶ θάτερον. κατὰ δὲ τὸ μῆκος στραφὲν τοῦ προσώπου ταὐτὸν τοῦτο ὕπτιον ἐποίησε πᾶν φαίνεσθαι, τὸ κάτω πρὸς τὸ ἄνω τῆς αὐγῆς τό τ' ἄνω πρὸς τὸ κάτω πάλιν ἀπῶσαν.*

Lucret. de rer. nat. IV 285—300 ed. Brieger in Beziehung auf Widerspiegelungen:

Fit quoque de speculo in speculum ut tradatur imago,
quinque etiam sexve ut fieri simulacra suërint.
nam quaecumque retro parte interiore latebunt,
inde tamen, quamvis torte penitusque remota,
omnia per flexos aditus educta licebit
pluribus haec speculis videantur in aedibus esse.
usque adeo e speculo in speculum translucet imago,
et cum laeva data est, fit rursum, ut dextera fiat,
inde retro rursum redit et convertit eodem.
quin etiam quaecumque latuscula sunt speculorum
adsimili lateris flexura praedita nostri,
dextera eapropter nobis simulacra remittunt,
aut quia de speculo in speculum transfertur imago,
inde ad nos elisa bis advolat, aut etiam quod
circum agitur, cum venit, imago propterea quod
flexa figura docet speculi convertier ad nos.

Plutarch de facie in orbe lunae, 930[a—c] V, 429, 25—430, 20 ed. Bernard. in Bezug auf Klappspiegel:

*Αἰσχύνομαι μέν ... θέσιν ἀναιρεῖν μαθηματικήν, ὥσπερ θεμέλιον τοῖς κατοπτρικοῖς ὑποκειμένην πράγμασιν· ἀνάγκη δ' εἰπεῖν ὅτι τὸ πρὸς τὰς ἴσας γίγνεσθαι γωνίας ἀνάκλασιν πᾶσαν οὔτε φαινόμενον αὐτόθεν οὔθ' ὁμολογούμενόν ἐστιν·*

*ἀλλὰ διαβάλλεται*[1]) *μὲν ἐπὶ τῶν κυρτῶν* (d. h. cylindrisch konvexen) *κατόπτρων, ὅταν ἐμφάσεις ποιῇ μείζονας ἑαυτῶν πρὸς ἓν τὸ τῆς ὄψεως σημεῖον, διαβάλλεται δὲ τοῖς διπτύχοις κατόπτροις, ὧν ἐπικλιθέντων πρὸς ἄλληλα καὶ γωνίας ἐντὸς γενομένης ἑκάτερον τῶν ἐπιπέδων διττὴν ἔμφασιν ἀποδίδωσι καὶ ποιεῖ τέτταρας εἰκόνας ἀφ' ἑνὸς προσώπου, δύο μὲν ἀντιστρόφους ⟨ἐν⟩ τοῖς ἔξωθεν †ἀριστεροῖς*[2]) *μέρεσι, δύο δὲ δεξιοφανεῖς ἀμαυρὰς ἐν βάθει τῶν κατόπτρων, ὧν τῆς γενέσεως τὴν αἰτίαν Πλάτων ἀποδίδωσιν· εἴρηκε γάρ, ὅτι τοῦ κατόπτρου ἔνθεν καὶ ἔνθεν ὕψος λαβόντος ὑπαλλάττουσιν αἱ ὄψεις τὴν ἀνάκλασιν ἀπὸ τῶν ἑτέρων ἐπὶ θάτερα μεταπίπτουσαν. εἴπερ οὖν τῶν ὄψεων αἱ μὲν εὐθὺς πρὸς ἡμᾶς ἀνατρέχουσιν, αἱ δ' ἐπὶ θάτερα μέρη τῶν κατόπτρων ὀλισθάνουσαι πάλιν ἐκεῖθεν ἀναφέρονται πρὸς ἡμᾶς, οὐ δυνατόν ἐστιν ἐν ἴσαις γωνίαις γίγνεσθαι πάσας ἀνακλάσεις.*

M. E. nimmt hier Plutarch auf Herons mathematischen Beweis von der Gleichheit des Einfalls- und Reflexionswinkels Bezug.[3]) Dieser Satz wird, da Pseudo-Euklids Katoptrik später fällt als Heron, anscheinend zum erstenmal[4]) in Herons Katoptrik bewiesen (Kap. V) und von

---

1) 'Man giebt ihr die Schuld, nimmt sie als Ursache an' Schneider.

2) Man erwartet ein dem *ἀμαυρὰς* parallel stehendes Epitheton, beispielsweise *σαφεστέρας*. Die Herausgeber pflegen *ἀριστεροῖς* (wohl als verderbtes Glossem zu *ἀντιστρόφους*) zu tilgen.

3) Die Erörterung geht im übrigen von der Ansicht des Empedokles aus: *ἀνακλάσει τινὶ τοῦ ἡλίου πρὸς τὴν σελήνην γίγνεσθαι τὸν ἐνταῦθα φωτισμὸν ἀπ' αὐτῆς* 929 e, die bekämpft wird.

4) Ein Beweis für die Gleichheit des Einfalls- und Reflexionswinkels bei Brennspiegeln findet sich im *Fragmentum mathematicum Bobiense* ed. Belger. Herm. 16, 279, ed. Wachsmuth ib. 16, 637. Cantor weist es zwar dem Diokles zu (Herm. 16, 642, vgl. aber Vorl. I, 339²), Belger a. a. O. dagegen dem 6. Jh. n. Chr. Vgl. auch J. L. Heiberg *Zum Fragmentum mathematicum Bobiense.* Ztsch. f. Math. u. Phys. Hist.-litt. Abt. 1883, 129 (nicht älter als Anthemius, †534). — Ob Euklid überhaupt eine Katoptrik geschrieben hat, ist zweifelhaft; ob Archimedes oder sonst jemand vor Heron den Satz bewiesen, ist unbekannt. Doch vgl. Eucl. VII, 348 no. 7.

Olympiodor II, 95 Id. als *μαθηματικὴ ἐπιστήμη* oder II, 98 Id. als *μαθηματικὸν ἐπιχείρημα* hervorgehoben. Man ist versucht zu glauben, daſs die Bemerkung im Dialoge, die Wahrheit dieses Satzes sei nicht *ὁμολογούμενον*, unmittelbar an Herons *ὡμολογημένον* (s. S. 368, 3) anknüpft und daſs Plutarch mit den *δίπτυχα κάτοπτρα* den Heronischen Klappspiegel in Kap. 11 meint. Ein cylindrisch-konvexer Spiegel wird wenigstens ausdrücklich erwähnt. Ist nun die Voraussetzung, daſs auf Heron angespielt wird, zutreffend, so wäre damit für Herons Thätigkeit annähernd ein terminus ante quem gewonnen. Da Plutarch im hohen Alter um 120 n. Chr. gestorben ist, seine Schrift *Περὶ τοῦ ἐμφαινομένου προσώπου κτἑ* aber wegen Erwähnung des Mathematikers Menelaus (930 a) vermutlich etwa ums Jahr 100 n. Chr. anzusetzen ist, so dürfen wir dieses Jahr wohl mit einiger Wahrscheinlichkeit als den terminus ante quem bezeichnen. Und dies Resultat paſst sehr gut zu dem in Bd. I gewonnenen terminus post quem für Herons Mechanik, dem Jahre 55 n. Chr.

Plutarch de facie in orbe lunae 937a (V, 448, 14—19 ed. Bernard.): *τὰ μὲν κοῖλα τῶν ἐσόπτρων ἐυτονωτέραν ποιεῖ τῆς προηγουμένης αὐγῆς τὴν ἀνακλωμένην, ὥστε καὶ φλόγας ἀναπέμπειν πολλάκις· τὰ δὲ κυρτὰ καὶ τὰ σφαιροειδῆ τῷ μὴ πανταχόθεν ἀντερείδειν ἀσθενῆ καὶ ἀμαυράν.*

Sext. Empir. (2. Jahrh. n. Chr.) ed. Bekk. 12, 29 bis 33 *τά τε κάτοπτρα παρὰ τὴν διάφορον κατασκευὴν ὁτὲ μὲν μικρότατα*[1]) *δείκνυσι τὰ ἐκτὸς ὑποκείμενα ὡς τὰ κοῖλα, ὁτὲ δ' ἐπιμήκη καὶ στενὰ ὡς τὰ κυρτά. τινὰ δὲ τὴν μὲν κεφαλὴν κάτω δείκνυσι τοῦ κατοπτριζομένου, τοὺς δὲ πόδας ἄνω.*

Olympiod. (6. Jahrh. n. Chr.) comment. in Aristot.

1) Da der Hohlspiegel nicht verkleinert, sondern vergröſsert, (wenn man wenigstens von dem umgekehrten reellen Bilde vor dem Hohlspiegel absieht, das hier gewiſs nicht gemeint ist), so ist vermutlich *μακρότατα* zu lesen.

Meteorol. (Comm. Arist. XII, 2 ed. Stüve) in Bezug auf doppelte Spiegelung mit Planspiegeln wie in Fig. 88a u. 88b.

Olympiod. 69, 18 ff.: *οἱ γὰρ ἐνοπτρικοὶ καὶ δύο καὶ τρεῖς καὶ πλείονάς φασι γίνεσθαι (ἀνακλάσεις)· ἐὰν γάρ, φησί* (sc. Ammonius), *τὶς θείη δύο ἔνοπτρα, ἓν ἔμπροσθεν καὶ ἓν ὀπίσω, τὰ ὀπίσθια αὐτοῦ ὁρᾷ· οὐκ ἂν δὲ τοῦτο ἐγίνετο, εἰ μὴ ἐν ἑκατέροις τῶν ἐσόπτρων ἡ ὄψις κλάσιν ὑπέμενεν.*

Olympiod. 211, 2 ff. ed. Stüve (in Aristot. Meteor. II, 93 ed. Ideler): *Ὅτι γὰρ κλᾶται ἡ ὄψις, δῆλον, ἐπειδὴ ὁρῶμεν πολλάκις ἐφ' ἃ μὴ βλέπομεν. οὕτως ἐν κατόπτρῳ ἐνορῶντες ὁρῶμεν ἕτερά τινα σώματα ἐφ' ἃ μὴ βλέπομεν, δηλονότι τῆς ὄψεως ἀνακλωμένης πρὸς αὐτὰ ἀπὸ τοῦ κατόπτρου. ἀλλ' ἐκεῖνα πάλιν ὁρῶμεν ἃ μὴ δυνάμεθα ἰδεῖν, ὡς δηλοῦσι τὰ ὀπισθοφανῆ.*[1]) †*κάτοπτρα γὰρ ὀπίσθια λεγόμενα*[2]) *μὴ δυνάμενα*[3]) *χωρὶς κατόπτρου θεάσασθαι.*[4])

Olymp. 264, 17 ff.: *Ἔστι καὶ κατὰ τὸ σχῆμα ἀνώμαλα ἔνοπτρα, ὥσπερ τὰ ὀπισθοφανῆ λεγόμενα ὑπὸ τῶν κατοπτρικῶν καὶ τὰ δεξιοφανῆ. ἔστιν οὖν τοιαύτην κατασκευὴν <ἐπινοεῖν>*[5]), *ὡς ποιεῖν τὰ μὲν δεξιὰ φαίνεσθαι ἐν τοῖς ἀριστεροῖς, τὰ δ' ἀριστερὰ ἐν τοῖς δεξιοῖς, ἀνωμάλοις*[6]) *κατὰ τὸ σχῆμα τῶν κατόπτρων· ὥς ποτε καὶ ἄλλῃ κατασκευῇ ἐνόπτρου χρώμενος* †*ποιεῖν*[7]) *φαίνεσθαι τὴν μὲν κεφαλὴν κάτω*[8]), *τὸ δὲ γένειον <ἄνω>.*[9])

---

1) *τὰ ὀπισθοφανῆ κάτοπτρα λεγόμενα· <τὰ> γὰρ ὀπίσθια μὴ δυνάμεθα* Schneider.

2) *λέγομεν ἃ* Ideler.

3) *δυνάμεθα* Ideler.

4) *τὰ ὀπισθοφανῆ κάτοπτρα· <τὰ> γὰρ ὀπίσθια βλέπομεν, ἃ μὴ δυνάμεθα* Stüve.

5) *ἐπινοεῖν* add. Stüve.

6) *ἀνωμάλων κ. τ. σχῆμα <ὄντων> τῶν κ.?*

7) Beispielsweise *<οἷός τέ τις> ποιεῖν.*

8) *<τοὺς δὲ πόδας ἄνω>* add. Schneider.

9) *ἄνω* add. Stüve. — Vielleicht sind auch die von Ptolemaeus *Optica* ed. Govi (Turin 1885) S. 134 erwähnten *specula composita ex concavitate et curvitate* nicht ohne Interesse.

## I.

317 R Duobus sensibus existentibus per quos fit via ad sapientiam secundum Platonem, auditu scilicet et visu, amborum speculatio. de hiis que auditus ⟨sunt⟩, musica consistit symphoniarum et harmoniarum scientia et, ut summatim dicatur, melodiose et armonizate nature 5 speculatio. de eo enim quod est coordinatum esse mundum secundum musicam harmoniam, multa et varia prodit ratiocinatio. distributo enim toto celo in spheras octo numero, videlicet in septem planetarum et in continentem omnes et ferentem non erraticas, accidit 10 in ipsis processum astrorum melodiosum et harmonizatum existere propter conformem vigorem motuum inter ipsa, sicut et in instrumento lyre melodizant chorde. sonos enim quosdam intelligere oportet ex processu astrorum per aërem, et hos quidem graviores 15 ipsorum, hos autem magis acutos, sicut hec quidem tardiorem, hec autem celeriorem faciunt motum. quo enim modo pulsa chorda fluctuantem intelligimus aërem, ita et astris per zodiacum delatis cogitare oportet

---

1 Claudii Ptolomei de speculis. Incipit liber primus *O:* Incipit liber Ptolomei de speculis *AE* qui dividitur in duos libros. Liber primus *add. edd. Veneta prior* et *Iuntina* (1518) 3 sunt *suppl. R* 4 armoniarum *AE* 7 armoniam *AE* 8 prodit *O:* producit *A:* produnt *E* toto celo *OA:* celo toto *E* 11—12 armonizatum *AE* 17 autem *OA: om. E*

18 enim *O:* ergo *E:* circa *A* m̊ (modo) aiūt *A*

## I.[1]

Da es zwei Sinne giebt, durch welche man nach Plato zur Weisheit gelangt, nämlich das Gehör und das Gesicht, so hat man sein Augenmerk auf beide zu richten. Von dem, was in das Gebiet des Gehörs fällt, beruht die 5 Musik auf der Kenntnis der wohlklingenden Tonbildung und ist, um es kurz zu sagen, die Theorie von dem Wesen der Melodie und den Gesetzen der Tonlehre. Was die Möglichkeit betrifft, daſs die Welt entsprechend der musikalischen Harmonie geordnet sei, so stellt die Theorie viele 10 mannigfaltige Behauptungen darüber auf. Wenn man nämlich den ganzen Himmel der Zahl nach in acht Sphären einteilt, nämlich in die der 7 Planeten und in diejenige, welche alle (sieben) umfaſst und welche nur die Fixsterne trägt, so ist die Folge, daſs bei den Planeten das Vorrücken 15 der Gestirne melodiös und harmonisch wird, wegen der gleichmäſsig starken Bewegungen unter ihnen, wie auch auf dem Instrumente der Leier die Saiten melodisch erklingen. Denn wie man sich vorstellen muſs, vernimmt man infolge des Vorrückens der Gestirne durch 20 die Luft gewisse Töne, und zwar bald tiefere, bald hellere, je nachdem die einen sich langsamer, die anderen sich schneller bewegen. Wie wir also nach dem Anschlagen der Saite die Luftschwingung erkennen, so gewährt, wie man sich denken muſs, uns die Luft, dadurch daſs sie 25 infolge der Bewegung der Gestirne durch den Tierkreis ununterbrochen sich verändert und verwandelt (in Schwingungen versetzt wird), einen guten Klang (Mischung des Tones).

**Einleitung. Gehör und Gesicht.**

---

1) Die Überschrift lautet: (Die Schrift) des Claudius Ptolomeus über die Spiegel. Buch I fängt an.

alteratum et transmutatum continue aërem bonam
318 contemperantiam no|bis exhibere.

Negotium autem quod circa visus dividitur in opticum, id est visivum et dioptricum, id est perspectivum et katoptricum, id est inspectivum negotium. 5 et opticum quidem opportune ab hiis qui ante nos descriptum est et maxime ab Aristotele. de dioptrico autem a nobis in aliis dictum est copiose quanta videbantur. videntes autem et katoptricum negotium esse dignum studio et habere quandam admirabilem specu- 10 lationem . . . per ipsum enim constituuntur specula ostendentia dextra dextra et sinistra similiter sinistra, communibus speculis contra patientibus nature et contraria ostendentibus. est autem per ipsa videre posterius apparentes et se inversos et supercapitales haben- 15 tesque tres oculos et duos nasos et luctus instar dispersis partibus faciei. non autem ad speculationem utilis existit tantum, sed et ad opportunitates necessarias. quomodo enim non bene utile quis existimabit degentes in habitatione adversa videre, si 20 contingat, presentes in rymis quot sint et quid agentes existant? aut quomodo non utique mirabile existimabit aliquis considerare per speculum nocte et die instantem horam per apparentia idola? quot enim

---

1 transmutatum *A:* transmutantem *OE* 4 visivum *O:* visivam *AE* perspectivum *O:* perspectivam *AE* 5 catoptricum *AE, ut v. 9.* 7 ab *OE:* de *A* 10 et habere *E:* habet enim *O:* habet *A* 11 *lacunam statui. cf. Autom. p. 338 adnot.* *f.* construuntur 12 dextra dextra *O:* dextra *AE* 14 ostendentia *OAE, corr. R.* 16 ıultus, *ut videtur, ex* luctus *corr. A* *voluitne* vultus? luctus *om. A* 20 adversa *OE:* aversa *A* 21 rinis *vel* rynis (*i. e.* ῥύμαις) *O:* ymis *A:* imis *E* 22 mirabile *OA:* admirabile *E* 23 aliquis *AE:* alias *O*

Die Theorie des Sehens zerfällt in die Optik, d. h. die eigentliche Lehre vom Sehen, die Dioptrik, d. h. die Lehre vom Nivellieren[1]) und die Katoptrik, d. h. die Lehre von der Spiegelung (Reflexion) des Lichtes. Die Optik ist zwar von unseren Vorgängern ausreichend dargestellt und besonders von Aristoteles. Die Dioptrik aber haben wir in einer anderen Schrift so ausführlich, als uns gut schien, behandelt. Wir sehen aber, dafs auch die Darstellung der Katoptrik des Studiums würdig ist und ein ganz wunderbares Schauspiel darbietet. Denn mit Hilfe der Katoptrik werden Spiegel hergestellt, welche das Rechte rechts und das Linke in ähnlicher Weise links zeigen, während die gewöhnlichen Spiegel uns in unnatürlicher Weise das Gegenteil zeigen. Man kann aber mit Hilfe der Spiegel sich[2]) von hinten sehen, umgekehrt mit dem Kopfe nach unten, mit drei Augen und zwei Nasen und wie bei der Trauer mit entstellten Gesichtszügen. Die Katoptrik erweist sich nicht blofs für die Schaustellung nützlich, sondern auch im Hinblick auf notwendige Bedürfnisse. Denn wie sollte es z. B. jemand nicht für recht nützlich halten zu sehen, wie zahlreich die Insassen im gegenüberstehenden Hause sind, wenn sie sich zufällig auf den Gassen aufhalten, und was sie machen? Oder wie sollte einer es nicht unter allen Umständen für etwas Wunderbares halten, wenn er Nacht und Tag im Spiegel die Stunde mit Hilfe von vortretenden Figuren herbeikommen sieht? Soviel es nämlich in der Nacht oder am Tage Stunden giebt, so viel Figuren erscheinen auch. Sogar wenn ein (bestimmter) Teil des Tages vorüber ist, erscheint auch eine Figur. Wie sollte man es aber auch nicht für wunderbar erachten, wenn man im Spiegel weder sich selbst noch jemand anders sieht, sondern allein

---

1) Es ist also die moderne Dioptrik, die Lehre von der Brechung (Refraktion) des Lichtes, hier nicht gemeint. Wenigstens ist das nicht denkbar, wenn Heron wirklich der Verfasser ist.

2) se 318, 15 ist auch auf apparentes bezogen. S. oben S. 315. Sonst hiefse es: 'die hinter uns Erscheinenden'.

nocte aut die existunt hore, tot et idola apparent. etiam si pars diei extiterit, et idolum apparebit. quomodo autem et non mirabile existimabit quis per speculum neque se ipsum neque alium videre, solum autem quodcunque quis elegerit? tali igitur existente 5 negotio puto necessarium existere accepta ab hiis qui ante nos descriptione dignificari, ut in nullo deficiat negotium.

II.

Dubitatum est itaque fere ab omnibus qui de 10 dioptrico et optico scripserunt negotio, propter quam 319 causam in speculis | radii a nobis incidentes refringuntur et refractiones in angulis equalibus faciunt. quod autem secundum effusiones rectarum a visu videamus, sic consideretur. omnia enim quecunque feruntur 15 continua velocitate, hec in recta linea feruntur, sicut videmus sagittas emissas ab arcubus. propter violentiam enim emittentem conatur quod fertur ferri linea brevissima in distantia, non habens tempus tarditatis, ut et feratur linea maiori in distantia, non sinente 20 violentia transmittente. propter quod utique patet velocitatem conatus brevissima fieri. recta autem est minima linearum habentium eadem ultima.

Quod autem et radii emissi a nobis velocitate infinita ferantur, hinc est addiscere. quando enim post 25 clausuram oculorum respexerimus ad celum, non fit

---

1 existunt *O:* existant *AE* 6 existere *O:* existens *AE* 7 *R post* descriptione *interpungit, sed v. supra p. 306, 6* 9 *ad hoc caput cf. Witelo V, 1 p. 191* 10 itaque *O:* utique *AE* 17 *cf. Witelo V, 5* 18 emittentem *OAE. cf. Heron. Pneum. 14, 2* τῆς ἐξαποστελλούσης βίας*:* emittentis *R*

das, was jemand aussucht? Da also eine solche Darstellung vorhanden ist, halte ich es für notwendig, das von unseren Vorgängern Überkommene einer solchen Beschreibung zu würdigen, daſs die Darstellung in keiner Be-
5 ziehung etwas vermissen läſst.

## II.

1. Satz. Fast von allen, die über Dioptrik und Optik geschrieben haben, ist nun in Erwägung gezogen, aus welchem Grunde die von uns aus einfallenden Sehstrahlen von den Spiegeln reflektiert werden und die Reflexion unter gleichen
10 Winkeln bilden. Daſs wir aber zufolge der Sehstrahlen sehen, welche in geraden Linien von dem Sehorgan ausgehen, dürfte folgendermaſsen dargethan werden. Denn alles, was sich mit ununterbrochener Schnelligkeit bewegt, das bewegt sich in gerader Linie, so wie wir es bei den
15 von den Bogen abgeschnellten Pfeilen sehen. Denn wegen der (Wucht der) entsendenden Kraft sucht der sich bewegende Gegenstand sich auf einer Linie zu bewegen, die rücksichtlich der räumlichen Entfernung die kürzeste ist, da der Gegenstand keine Zeit hat zu einer langsameren
20 Bewegung, um auf einer Linie, die der Entfernung (Strecke) nach länger ist, sich zu bewegen. Denn das läſst die (Wucht der) treibenden Kraft nicht zu. Darum ist also offenbar, daſs die Schnelligkeit, welche der Gegenstand zu erreichen strebt, nur auf dem kürzesten Wege
25 erreicht wird. Die Gerade ist aber die kürzeste von den Linien, welche dieselben Endpunkte haben.

2. Satz. Daſs aber auch die von uns ausgehenden Sehstrahlen sich mit unendlicher Schnelligkeit bewegen, kann man noch aus folgendem lernen. Wenn wir nämlich, nachdem
30 wir die Augen geschlossen hatten, wieder zum Himmel

---

19 in *O:* et *AE* 21 transmittente *OA:* -tes *E:* -tis *R* 22 fieri *E:* ferri *OA* est minima *re vera in OA post* autem *ponuntur. ad 24—322, 3. cf. Damian. 16, 10—16* 23 *an* conatus *nom.? (= ἐπιχείρημα Beweis?)* 25 $\overline{\text{qn}}$ (= quando) *etiam ed. Iunt.*

aliqua distantia temporis pertingentie ipsorum ad celum. simul enim cum aspicere videmus astra, cum tamen, ut est dicere, sit distantia infinita. et si ergo maior utique esset hec distantia, idem accideret utique, ut ex hoc palam sit quod velocitate infinita emittuntur 5 emissi radii. propter quod utique interruptionem non habent neque circuitionem neque fractionem accipient aliquam, minima autem, scilicet recta, ferentur.

## III.

Quod quidem igitur secundum rectam videamus, sufficienter dictum est. quod autem radii incidentes 10 speculis, adhuc autem et aquis et omnibus planis corporibus refringuntur, nunc ostendemus. politorum enim corporum natura existit in superficies ipsorum spissas esse. specula igitur ante politionem quidem habebant aliquas raritates, quibus radii incidentes non poterant 15 repelli. poliuntur autem attritione, quatenus loca 320 rara | impleantur a subtili substantia. deinde sic incidentes radii spisso corpori repelluntur. sicut enim lapis emissus cum violentia et appulsus spisso corpori resultat, puta ligno alicui aut muro, molli autem ut lane 20 aut alii tali quiescit, quia vis emittentis assequitur et in duro quidem cedit non potens adhuc prosequi et movere

---

2 cum aspicere = *σὺν τῷ ἀναβλέπειν* 3 dicere *OA* (= *ὡς εἰπεῖν*): dictum *E* ergo *OA et ed. Iunt.* 8 ferentur *OE:* feruntur *A* 9 *cf. Witelo V, 2 p. 191* 11 adhuc autem et = *ἔτι δὲ καί* 13—14 in ... esse = *ἐν τῷ τὰς ἐπιφανείας αὐτῶν ναστὰς εἶναι. cf. v. 2* 17 impleantur *OA:* repleantur *E* 18—19 repelluntur ... spisso corpori *om. AE* 20 resultat *OA:* resideant *E* 21 quiescit *O:* quies *A:* que et *E* emittentes *OE:* emittentis *R:* emittens *A* 22 duro *OA:* duo *E* cedere *OAE, corr. R*

sehen, so gelangen ihre Strahlen (unmittelbar) ohne irgendwelchen zeitlichen Zwischenraum zum Himmel. Denn im selben Augenblicke, in dem wir emporblicken[1]), sehen wir die Sterne, obgleich doch, so zu sagen, die Entfernung unendlich ist. Auch wenn also diese Entfernung noch weit gröfser wäre, so würde sich der Vorgang jedenfalls wiederholen, so dafs sich daraus ergiebt, dafs die (von uns) ausgehenden Sehstrahlen mit unendlicher Geschwindigkeit ausstrahlen. Daher erleiden sie also (beim Ausstrahlen) keine Unterbrechung (in der Bewegung), noch machen sie einen Umweg oder einen Weg auf einer gebrochenen Linie[2]), sondern sie bewegen sich auf der kleinsten Linie, nämlich der geraden.

## III.

3. Satz.

Dafs also unsere Sehstrahlen sich auf einer geraden Linie bewegen, ist ausreichend erläutert worden. Dafs aber die in Spiegel, ferner auch auf Wasserflächen und alle ebenen Körper fallenden Sehstrahlen reflektiert werden, wollen wir jetzt zeigen. Denn die Eigentümlichkeit der polierten Körper besteht darin, dafs ihre Oberflächen kompakt (ohne Zwischenräume) sind. Die Spiegel hatten also vor der Politur zwar einige Poren, von denen die einfallenden Sehstrahlen nicht zurückgeworfen werden konnten. Sie werden aber durch Politur (Reibung) geglättet, bis die Poren von einer feinen Masse ausgefüllt werden. Wenn dann bei solcher Beschaffenheit Sehstrahlen den kompakten Körper treffen, so werden sie zurückgeworfen. Denn wie ein Stein, der mit Heftigkeit fortgeschleudert wird und auf einen kompakten Körper stöfst, zurückprallt, — denke an irgend ein Stück Holz oder an eine Mauer —, aber wenn er auf einen weichen Körper wie Wolle oder sonst derartiges trifft,

---

1) Wörtlich: 'Denn zugleich mit dem Emporblicken' u. s. w.

2) Es ist also hier, wie der Zusammenhang lehrt, bei *fractionem* nicht an die Refraktion (*διάκλασις*) des Lichtes und noch viel weniger an die Reflexion (*ἀνάκλασις*) zu denken.

emissum, molli autem incidens iacet et abscedit ab emisso, eodem modo et radii a nobis velocitate multa delati, ut demonstratum est, et appulsi spisso corpori refringuntur. in aquis autem et in vitris ⟨non⟩ omnes refringuntur, quia habent utreque substantie raritates 5 componunturque ex subtilium partium rebus et solidis corporibus. per vitrum enim et per aquas videmus nos ipsos et ultra iacentia. in palustribus enim aquis que in fundo videmus et per vitra ea que ultra iacent. quicunque enim radii solidis corporibus incidunt ipsi repulsi 10 refringuntur, quicunque autem per rara corpora penetrant ipsi ultra iacentia vident. propter quod utique in talibus non perfecte videntur que representantur, quia non omnes radii ad ipsa refringuntur, sed quidam, ut dictum est, per raritates exterminantur. 15

## IV.

Quod quidem igitur incidentes politis corporibus refringantur, sufficienter demonstratum esse putamus. quod autem et refractiones faciant in angulis equalibus in speculis planis et circularibus, per eadem demonstrabimus, celeritate enim incidentie et refractionis. 20 necessarium est enim rursum per ipsas minimas rectas conari. dico igitur, quod omnium incidentium et refractorum in idem radiorum minimi sunt qui secundum equales angulos in speculis planis et circularibus, si

4 non *add. R* 5 utrasque substantias *OAE, corr. R* 8 palustris *A, corr. R*: perlustris *OE* 9 ea *R:* et *OAE* 13 non perfecte *O:* pfcē (= perfecte) non *A:* non perficere *E* 14 *f.* ipsa ⟨delati⟩ refringuntur *O:* referuntur *AE* 15 ext'iant' (sic) *O:* exterminant *E* 18 quod *O:* quoniam *AE* 20 celeritati *OAE, corr. R* 21 enim *A: om. OE* 22 conari = *ἐπιχειρεῖν*

liegen bleibt, weil die Kraft des Schleudernden ihn begleitet und bei einem harten Körper zurückweicht und nicht mehr imstande ist, den geschleuderten Stein weiter zu geleiten und ihn vorwärts zu bringen, aber wenn sie auf etwas
5 Weiches stöſst, stockt und sich von dem geschleuderten Steine trennt, ebenso werden auch die Sehstrahlen, welche, wie gezeigt, von uns aus sich mit groſser Schnelligkeit bewegen, reflektiert, wenn sie auf den kompakten Körper stoſsen. Aber von den Wasserflächen und Glasscheiben werden nicht alle
10 Strahlen reflektiert, weil beide Substanzen Poren haben und aus feinteiligen Molekülen und festen Stoffen zusammengesetzt sind. Durch das Glas und die Wasserflächen hindurch sehen wir nämlich uns selbst und was darüber hinausliegt. In sumpfigen Gewässern sehen wir nämlich, was
15 auf dem Grunde sich befindet, und durch die Glasscheiben das, was jenseits derselben liegt. Denn alle Strahlen, welche auf feste Körper fallen, werden zurückgeworfen und reflektiert, aber alle, welche durch die Poren der Körper dringen, lassen das jenseits desselben Liegende
20 sehen. Darum sieht man also bei solchen Dingen die Gegenstände, welche abgebildet werden, nicht vollkommen, weil nicht alle Strahlen bei ihnen reflektiert werden, sondern einige, wie gesagt, in den Poren verschwinden.

## IV.

4. Satz. Fig. 77.

Daſs also die auf polierte Körper treffenden Strahlen
25 reflektiert werden, ist, wie wir glauben, ausreichend dargethan. Daſs sie aber auch auf ebenen und (sphärisch) gekrümmten Spiegeln in gleichen Winkeln reflektiert werden, werden wir mit denselben Gründen beweisen, nämlich mit der Geschwindigkeit des Einfalls und der Reflexion. Denn
30 man muſs es wieder mit Hilfe der kleinsten Geraden erweisen. Ich behaupte also, von allen einfallenden, nach demselben Punkte reflektierten Strahlen sind bei ebenen und gekrümmten Spiegeln am kürzesten die, welche unter gleichen Winkeln reflektiert werden. In diesem Falle, also bei
35 gleichen Winkeln, ist die Reflexion vernunftgemäſs.

autem hoc, rationabiliter in angulis equalibus refringuntur.

321 Sit enim spe|culum planum *ab*, visus autem signum *g*, visum autem *d*. et incidat ipsi radius qui *ga*, et copuletur que *ad*, et sit equalis angulus qui 5 sub *eag* angulo qui sub *bad*. et alius radius similiter

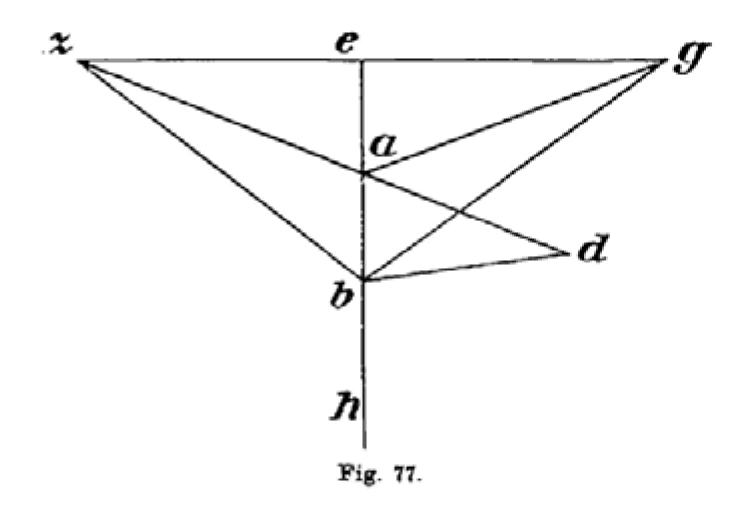



Fig. 77.

incidat qui *gb*, et copuletur que *bd*. dico quod minores sunt que *ga*, *ad* quam *gb*, *bd*. ducatur enim a *g* super *ab* perpendicularis que *ge*, et educantur que *ge* et *da* ad *z*, et copuletur que *zb*. quoniam equalis 10 est qui sub *bad*, hoc est qui sub *zae*, quia contra se positi, ei qui sub *eag*, sed et recti qui apud *e*, equalis ergo que quidem *za* ipsi *ag*. que autem *zb* ipsi *bg*.

---

1 in angulis equalibus *OA: om. E: deleam* 3 *cf. Witelo I, 17. V, 18. p. 9. 193 et infra p. 368, 3—372, 12* 4 radius *om. A* qui *O:* que *A: scil. E* 7 que *R:* qui *OA:* cum *E* 8 que *scripsi:* qui *OA, om. E* ga · ad *O:* $g \cdot \overset{e}{a} \cdot \overset{b}{a} \cdot d$ *A:* ga et ad *E ut solet* 9 super *ab* perpendicularis *ponunt OA ed. Iunt.* 11 quia contra se positi *A: om. OE, f. del.* 12—13 sed et ... ipsi ag *om. AE*

Es sei $ab$ (Fig. 77)[1]) ein ebener Spiegel, Punkt $g$ aber das Sehorgan (Auge), $d$ das Gesehene. Und es falle in den Spiegel der Strahl $ga$, und man verbinde $ad$. Es sei ferner der Winkel $eag$ dem Winkel $bad$ gleich. In ähnlicher Weise falle ein anderer Strahl $gb$ ein, und man verbinde $bd$. Ich behaupte, daſs

$$ga + ad < gb + bd$$

sind. Man fälle von $g$ auf $ab$ das Lot $ge$ und verlängere $ge$ und $da$ bis $z$ und verbinde $zb$. Da ja

$$\angle bad = \angle zae$$

als Scheitelwinkel[2]) und

$$\angle zae = \angle eag$$

ist, aber auch die Rechten bei $e$ (einander gleich sind), so ist also

$$za = ag$$
$$zb = bg.$$[3])

Da nun

$$zd < zb + bd,$$
$$za = ag,$$
$$zb = bg,$$

so sind also

$$ga + ad < gb + bd,$$[4])

weil nämlich

$$\angle eag = \angle bad,$$

---

1) S. unten S. 369 das griechische Fragment. (Anders Ptolemaeus Optik S. 81.) In der hsl. Fig. liegt $eh$ wagerecht und $g$ unten.

2) und $\angle eag = bad$ nach der Voraussetzung.

3) Denn es ist

$$\triangle\, zae \cong eag \quad \text{und}$$
$$\triangle\, zab \cong bag, \quad \text{weil}$$
$$za = ag$$
$$ab = ab$$
$$\angle zab = bag. \quad \text{Folglich}$$
$$zb = bg.$$

4) Denn $zd = za + ad$, also nach Einsetzung der entsprechenden gleichen Gröſsen $ga + ad < gb + bd$.

quoniam igitur minor est que *zd* quam *zb*, *bd*, equalis autem que quidem *za* ipsi *ag*, que autem *zb* ipsi *bg*, minores ergo sunt que *ga*, *ad* quam *gb*, *bd*, quia enim equalis est qui sub *eag* ei qui sub *bad*, sed angulo quidem qui sub *eag* est minor qui sub *ebg*, angulo autem qui sub *bad* est maior qui sub *hbd*, multo ergo maior qui sub *hbd* quam qui sub *ebg*.

V.

Sit etiam speculum circulare, cuius periferia sit que *ab*, visus autem *g*, visum autem *d*, et incidant in equalibus quidem angulis que *ga*, *ad*, in inequalibus autem que *gb*, *bd*. dico quod minores sunt que *ga*, *ad* quam *gb*, *bd*. ducatur enim contingens que *eaz*. equalis ergo est qui sub *hae* angulus ei qui sub *baz*. et reliquus qui sub *eag* est equalis ei qui sub *zad*. si ergo copuletur que *zd*, propter prius demonstratum minores sunt que *ga*, *ad* quam *gz*, *zd*, que autem *gz*, *zd* sunt minores quam *gb*, *bd*. que ergo *ga*, *ad* sunt minores quam *gb*, *bd*.

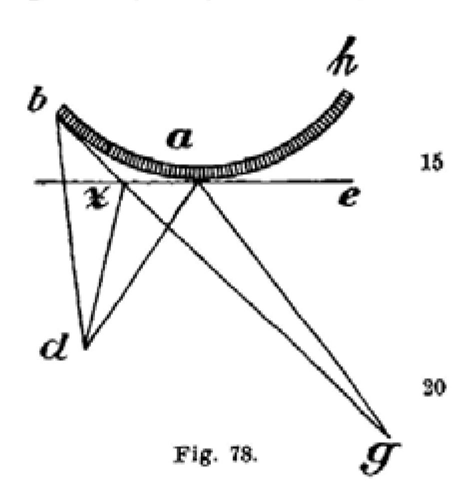


Fig. 78.

Universaliter igitur in speculis et ... si non ... in angulis equalibus refringi possunt radii incidentes, oportet considerari [in speculo signum], ut radius a

3 q̄ *OA*: *om. E* 9 *cf. Witelo V, 19 p. 199* etiam *O*: autem *AE* 10 autem *OA*: *om. E* 11 qui *A* in *om. A* 17—18 qui sub hae ... reliquus *om. AE* 19 est equalis

aber

$$\angle\, ebg < eag^{1}),$$
$$\angle\, hbd > bad^{1}),$$
$$\angle\, hbd \text{ also viel } > ebg.$$

V.

5 Man denke sich auch einen gekrümmten Spiegel, bei dem $ab$ die Peripherie (Fig. 78), $g$ das Auge, $d$ das Gesehene sei. Und es sollen $ga$ und $ad$ unter gleichen Winkeln einfallen, $gb$ und $bd$ aber unter ungleichen. Ich behaupte, daſs

5. Satz. Fig. 78.

10 $$ga + ad < gb + bd$$

sind. Man ziehe nämlich die Tangente $eaz$. Es ist also $\angle\, hae = baz$ und der übrige $\angle\, eag = \angle\, zad$. Verbindet man also $zd$, so sind auf Grund des früheren Beweises (4. Satz)

15 $$ga + ad < gz + zd.$$

Aber

$$gz + zd < gb + bd.^{2})$$

Also

$$ga + ad < gb + bd$$

20 Im allgemeinen muſs man also bei den Spiegeln darauf achten, ob es keinen Punkt giebt, in welchem die einfallenden Strahlen unter gleichen Winkeln reflektiert werden, so daſs der vom Sehorgan einfallende und nach dem sichtbaren Gegenstande reflektierte Strahl beide, näm-

1 weil $\angle\, eag$ und $hbd$ Auſsenwinkel sind.

2) Denn $gz$ ist nur ein Teil von $gb$. Ferner ist $\angle\, dzg$ als Auſsenwinkel $> dbz$. Da $\angle\, dzg < bzd$, so ist auch $\angle\, bzd > dbz$, mithin auch $bd > zd$.

*om. E (habet A!)* 25 *lacunam statui. f.* et ⟨planis et circularibus⟩ et sive *E* *lacunam statui. f.* non ⟨sit signum quo⟩ 27 in speculo signum *hic delevi* speculo *O:* speculis *AE*

visu incidens et refractus ad id quod videtur faciat similiter utrumque, scilicet incidentem et refractum, minorem omnibus similiter incidentibus et refractis.

## VI.

In planis speculis est aliquis locus, quo apprehenso non amplius videtur idolum.

Sit enim speculum | planum quod *ag* †aut in recta sibi, oculus autem *b*, visibile autem *d*, et perpendiculares ducantur ad speculum que *ad*, *bg*, et secetur que *ag* penes *h*, ita ut sit ut que *ad* ad *bg* que *ah* ad *hg*. dico itaque quod apprehenso loco *h* non amplius videtur *d*. copulentur enim que *bh*, *hd*. propter proportionem itaque similia erunt trigona. equalis enim est angulus *e* angulo *z*, quare per signum *h* apparebit *d*. apprehenso ergo loco cera vel aliquo alio non amplius videbitur *d*. si autem signum *h* excidat a speculo, apparebit idolum in speculo. omnes enim radii incidentes speculo in angulis equalibus refringentur.

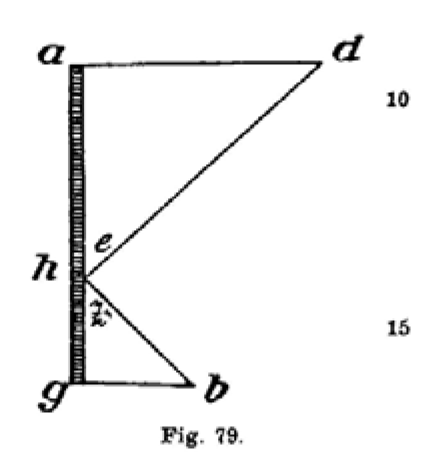


Fig. 79.

## VII.

In speculis planis visus refracti neque concurrent invicem neque equidistantes sunt.

---

2 similiter *OAE* (sil' *A*), *graece* ὁμοίως, *quod nescio an ex* ὁμῶς 'zusammen' *depravatum sit* 4 *cf. Witelo V, 46 p. 211* 5 amplius *O:* adhuc *AE* (non adhuc = οὐκέτι) 6—7 aut ... sibi *corrupta. Graece sic fere legebatur:* Ἔστω γὰρ ἐπίπεδον

lich den einfallenden und den reflektierten Strahl, zusammen kleiner macht[1]) als alle (anderen) in ähnlicher Weise einfallenden und reflektierten Strahlen.[2])

## VI.

Auf ebenen Spiegeln giebt es eine Stelle, bei deren 6. Satz. Fig. 79.
5 Ergreifung kein Bild mehr gesehen wird.

Es sei nämlich $ag$ (Fig. 79) ein ebener Spiegel, $b$ das Auge, $d$ aber der sichtbare Gegenstand. Und es mögen auf den Spiegel die Lote $ad$ und $bg$ gefällt werden. Auch werde $ag$ in $h$ so geschnitten, daſs sich verhält $ad : bg$
10 $= ah : hg$. Ich behaupte also, daſs $d$ nach Ergreifung von $h$ nicht mehr gesehen wird. Man verbinde $bh$ und $hd$. Es stehen daher die Dreiecke in ähnlichem Verhältnisse. Also $\angle e = \angle z$. Darum wird $d$ im Punkte $h$ sichtbar sein. Verstopft man nun die Stelle mit Wachs oder
15 irgend etwas anderem, so wird man $d$ nicht mehr sehen. Wenn aber Punkt $h$ (d. h. das Wachs an demselben) vom Spiegel entfernt wird, so wird das Bild im Spiegel sichtbar sein. Denn alle Strahlen, welche auf den Spiegel fallen, werden unter gleichen Winkeln reflektiert.

## VII.

20 Bei ebenen Spiegeln werden die reflektierten Strahlen 7. Satz. Fig. 80.
weder konvergieren, noch sind sie parallel.

---

1) D. h. daſs beide eine kleinere Summe bilden.
2) D. h. als alle einzelnen Summen aller anderen reflektierten Strahlen, die eben nicht gleiche Winkel bilden.

---

*κάτοπτρον εὐθεῖά τις ἡ ΑΓ κτἑ. cf. infra p. 368* s' = sibi *A* 9 que (*post* secetur) *OA:* quod E 10 penes *OA:* in *E* 11—12 dico itaque quod *OA:* si eo *E* 13. 19 amplius *O:* adhuc *AE* 14 enim que *OA:* cum *E* 16 enim: *f.* ergo. *cf. Eucl.* VII, *288, 7* 19 cera *OA:* teram *E* 23 *cf. Eucl. (i. e. Pseudo-Eucl.) Catoptr. 4 (VII, 292 Heib.), infra p. 394. paulo aliter Witelo V, 47 p. 211 sq.* 24 concurrent *AE:* concurrunt *O*

Sit enim speculum planum *ag*, visus autem *b*, ... et incidant ... que *gd*, *ae*. equales ergo sunt anguli *z*, *t*, maior autem est angulus *z* angulo *k*, hoc est angulo *m*. maior ergo est angulus *t* quam *m*. que ergo *gd*, *ae* neque equidistantes sunt neque concurrent ea parte versus *d*, *e*.

## VIII.

In speculis convexis visus refracti neque coincidunt invicem neque equidistantes sunt.

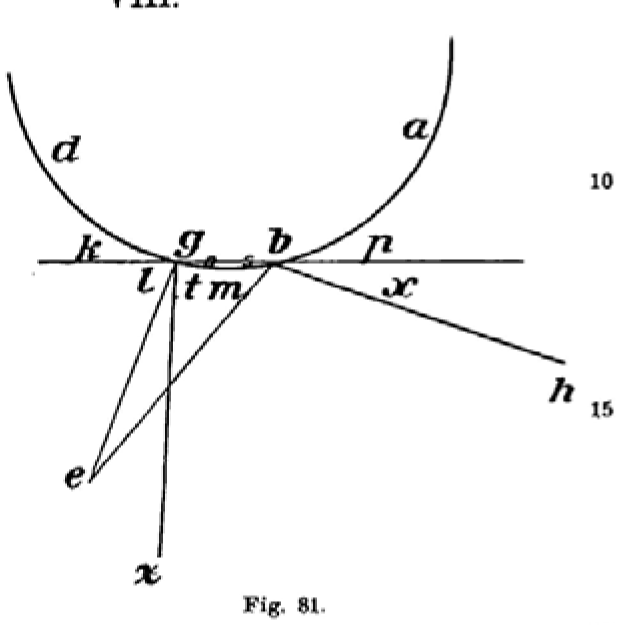



Fig. 81.

Sit enim speculum convexum *abgd*, visus autem *e*, et incidant radii qui *eg*, *eb*, refringantur etiam qui *gz*, *bh*. equalis ergo est angulus quidem *t* angulo *l*, [quia angulus incidentie et reflexionis conceduntur. equalis] et angulus *m* angulo *x*. propter hoc itaque maior est

---

2 *ante* et *requiram:* ⟨visibilia autem *d* et *e*⟩ *et ante* que *inseram:* incidant ⟨que *bg*, *ba*, refringantur autem⟩ que *gd*, *ae*  que *AE:* qui *O*  5 concurrent *A:* concurrunt *OE*  6 ea parte *O: om. AE*  7 *cf. Euclid. Catoptr. 4 (VII, 292. 294 Heib.). in editionis figura desunt litterae* k, o, s *in circuli sectione, sed exstant in codicum figuris. Witelo VI, 15 p. 230 a Ptolomeo dissentit*  20 qui *O:* q̄ *A*  21 *f.* ⟨k⟩l quia — 22 equalis *om. OE, habet A, delevi*  23 *f.* ⟨p⟩x

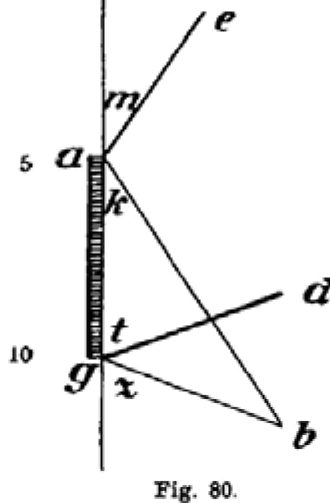


Fig. 80.

Es sei $ag$ (Fig. 80) ein ebener Spiegel; $b$ aber das Gesicht, ($d$ und $e$ die sichtbaren Gegenstände. Die einfallenden Strahlen seien $gb$ und $ba$, die reflektierten)[1]) $gd$ und $ae$. Also sind gleich

$$\angle z = t,$$

aber

$$\angle z^{2)} > k,$$

d. h.

$$\angle z > m.$$

Also

$$\angle t > m.$$

Daher sind $gd$ und $ae$ weder parallel, noch konvergieren sie nach der Seite von $d$ und $e$.

VIII.

8. Satz. Fig. 81.

Bei erhabenen (konvexen) Spiegeln konvergieren die reflektierten Strahlen nicht, noch sind sie parallel.

Es sei $abgd$ (Fig. 81) nämlich ein erhabener Spiegel und $e$ das Gesicht. Es mögen die Sehstrahlen $eg$ und $eb$ einfallen und $gz$ und $bh$ reflektiert werden. Es ist also $\angle t = \angle (k +)\, l^{3)}$, weil sie nach der Voraussetzung Einfalls- und Reflexionswinkel sind. $\angle m$ ist (aus demselben Grunde) $\angle (p +)\, x^{4)}$ gleich. Deswegen ist also $\angle o + t > l$, $\angle s + m$ aber $> x$ und $\angle l$ (als Aufsenwinkel)

1) Das Eingeklammerte ist nach Vermutung hinzugesetzt.
2) Als Aufsenwinkel des Dreiecks $abg$.
3) Das Eingeklammerte ist nach Vermutung zugesetzt.
4) Dem Alphabete nach erwartet man $n$, aber die Figuren der Hss. und des Druckes haben $p$.

23 — p. 334, 1 maior est angulus *OE:* maiorem angulum *A*
334, 1 *locum desperatum sic corrigam:* angulus o, t quam ⟨angulus l, maior autem est angulus⟩ s, ⟨m angulo x et angulus l angulo s, m. maior ergo angulus o, t angulo⟩ x

angulus *o, t* quam †*sx*. que ergo *gz, bh* neque equidistantes sunt neque coincidunt ex parte *z, h*.

## IX.

In speculis concavis, quando oculus super centrum positus fuerit, visus refracti ad oculum refringentur. 5

323 Sit speculum concavum quod *agd*, cuius cen|trum *b*. apud *b* autem iaceat oculus, et incidant radii qui *ba, bg,* ⟨*bd*⟩. equales ergo sunt refractiones. ergo facient angulos apud periferiam, quia anguli semicirculorum equales sunt. refractiones ergo in ipsis *ba, bg,* 10 *bd* erunt. apud signum ergo *b* concurrent, hoc est apud oculum. ex hoc autem manifestum quod, si fiat speculum concavum velut sphericum, in centro autem sphere oculus positus fuerit, nihil aliud quam oculus in speculo apparebit. 15

## X.

In speculis concavis, quando in circumferentia oculus positus fuerit, refracti radii invicem concurrent.

Sit speculum concavum *bga*, visus autem *b*. et incidant radii *bg, ba,* refringantur autem *gx, an*. 20

---

1 sit sx *OE* 2 Explicit primus. Incipit secundus *OA*: Explicit liber primus. Incipit. Secundus *E* 3 *cf. Euclid. Catoptr. 24 (VII, 326)* 3 *in margine* 1ª *A* 4 *f.* centrum ⟨sphere⟩. *cf. v. 14* 8 ⟨bd⟩ *inserui* 9 *f.* ⟨equales⟩ angulos. *cf. Euclid. Catoptr. 5 (VII, 294)* 10 *cf. Euclid. Catoptr. 2 (VII, 290)* 12 manifestum est *E*: est *om. OA* 14 spere *O* 16 *in margine* 2ª *A* 16 *cf. Euclid. Catoptr. 5 (VII, 294. 296) et pluribus Witelo VIII, 10 p. 313* 19 autem b *O*: b autem *tr. AE*

$> s + m$. Also $o + t > x$. Daher sind *gz* und *bh* weder parallel, noch konvergieren sie auf seiten von *z* und *h*.

## IX.

9. Satz. Fig. 82.

Bei Hohlspiegeln werden, wenn das Auge im Kugel-
5 mittelpunkte (dem Krümmungsmittelpunkte) steht, die reflektierten Strahlen nach dem Auge zurückgeworfen.

Es sei *agd* (Fig. 82) ein Hohlspiegel, dessen Krümmungsmittelpunkt *b*. Bei *b* liege aber das Auge, und es sollen die Strahlen *ba*, *bg*, (*bd*)
10 einfallen. Also sind die Reflexionen gleich. Sie werden also auf der Peripherie gleiche Winkel bilden, weil die Winkel von Halbkreisen gleich sind.[1] Die
15 Reflexion wird also auf den Linien *ba*, *bg*, *bd* selbst stattfinden. In Punkt *b* also, d. h. im Auge, werden sie zusammentreffen. Daraus ist aber offenbar, daſs, wenn
20 ein Hohlspiegel gemacht wird, z. B. ein sphärischer, im Kugelmittelpunkte aber das Auge steht, im Spiegel nichts anderes als das Auge sichtbar sein wird.

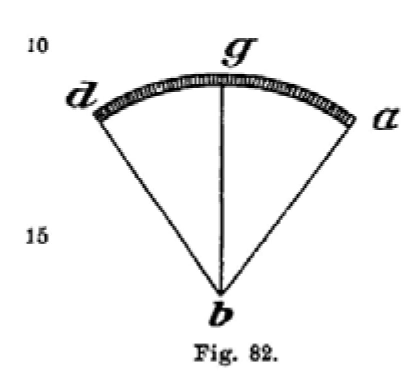


Fig. 82.

## X.

10. Satz. Fig. 83.

Bei Hohlspiegeln konvergieren die reflektierten Sehstrahlen, wenn das Auge auf die Peripherie ge-
25 setzt wird.

Es sei *bga* (Fig. 83) ein Hohlspiegel, *b* aber das Sehorgan. Es sollen die Strahlen *bg* und *ba* einfallen,

1) In Wirklichkeit bildet der durch den Kugelmittelpunkt gehende Strahl keine Winkel, weil er nicht gebrochen, sondern nach dem Kugelmittelpunkte zurückgeworfen wird.

dico quod que *gx*, *an* concurrent versus *n*, *x*. quoniam enim maior est que *ab* quam *bg*, maior ergo est angulus *z* angulo *t*. sic et qui *e* quam *h*, reliqui

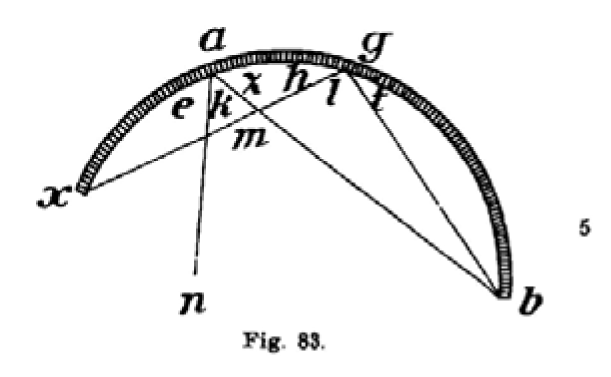


Fig. 83.

ergo qui *l* maior angulo *k*, angulo autem *l* maior qui *m*, maior ergo est angulus *m* quam *k*. que ergo *gx*, *an* concurrent ex parte *n*, *x*.

## XI.

Speculum dextrum construere.

Exponatur circulus qui *abg* in magnitudine qua volumus construere speculum. et inscribatur in ipsum latus quidem pentagoni quod *ab*, exagoni autem quod *bg*, et secentur ad apsides *aeb*, *bzg* abscisas a rectis *ab*, *bg* ex circulo .... horum qui quidem altitudinis ad apsidem *aeb* suspensus sit concavus qualis qui *zhtf klm*, latitudinis autem qui sit ad apsidem *bzg* sit

4—5 *Euclides Catoptr. 5 (VII, 296, 3) habet* ἐπεὶ μεῖζον τὸ $\overline{\alpha\gamma\beta}$ τμῆμα τοῦ $\overline{\beta\gamma}$ τμήματος. *f. igitur* ⟨apsis⟩ que agb 5 ba. *O* bg *O:* gb *AE* 6 ergo (= ἄρα) *om. A* 8 e *O:* ·c· *A:* ·t· *E* h *O:* b *AE* 9 autem *OE:* a. f. *A* 12 *cf. Witelo IX, 35 p. 391* 12 *in marg.* 3ª *A* *f.* dextrum ⟨ostendens dextrum⟩ 13 qua *OA* (q̊ *A*): quam *E* 16 apsides *A:* abscides *OE* *f.* bdg abscisas (-is *A*) a rectis *OA:* abscisas arcus *E* 17 bg *AE:* gb *O* *post* circulo *in A lacuna circiter 10 litterarum. f. lacuna* 18 abscidem *OE* zhtklm *AE* *f.* concavus ⟨emboleus⟩. *cf.* 346, 20. 19 *post* autem *lacunam indicat O* abscidem *O* *f.* bdg sit *(prius) om. O* 19—p. 338, 1 sit convenxus *O, ut Witelo 391, 36* convexus: *om. AE*

*gx* und *an* aber reflektiert werden. Ich behaupte, daſs *gx* und *an* nach *n,x* hin konvergieren. Da nämlich

$$(\text{Bogen})\ ab > gb,$$

ist also

5 $$\angle z > t.$$

Daher ist auch

$$\angle e > h,$$

von den übrigen (Winkeln, d. h. den Komplementwinkeln) aber

10 $$\angle l > k$$

$$\angle m > l,$$

also

$$\angle m > k,$$

also konvergieren *gx* und *an* auf Seite *n,x*.

## XI.

**1. Aufgabe. Ein cylindrischer Hohlspiegel. Ein cylindrisch-konvexer Klappspiegel. Fig. 84a—i.**[1]

15 Einen Spiegel zu konstruieren, der das Rechte rechts zeigt.

Man beschreibe einen Kreis *abg* (Fig. 84a), der so groſs ist als wir den Spiegel konstruieren wollen.[2]) In den Kreis zeichne man *ab* als Seite eines Fünfecks 20 und *bg* als Seite eines Sechsecks. Und man schneide sie für die Bogen *aeb* und *bzg*[3]) ab, welche (eben) von den Geraden *ab*, *bg* vom Kreise abgeteilt sind. ... Von diesen (Krümmungsflächen?[4])) sei die der Höhe nach der Wölbung *aeb* vorgerichtet (hsl. hängend) und (cylindrisch)

---

1) S. oben S. 310 die genau nachgezeichnete Figur des Druckes, mit welcher die Figuren der Hss. stimmen.

2) Gemeint ist: 'einen Kreis, dessen (von der Seite des eingeschriebenen Fünfecks abgeschnittener) Bogen so groſs ist' u. s. w.

3) Man erwartet *d* statt *z*, zumal der Buchstabe *d* fehlt, *z* aber zweimal vorkommt. Indessen da *bzg* auch weiterhin überliefert ist, so muſs man Bedenken tragen es zu ändern.

4) Der nächstfolgende lateinische Text ist so unklar, daſs sich nur mit Mühe ein vernünftiger Sinn gewinnen lieſs. In unserer Rekonstruktion (Fig. 84d) wolle man sich *ak* kleiner, in Gröſse von *ab* als Fünfecksseite, *bg* als Sechsecksseite denken.

convexus, qualis qui *xop*. et preparetur speculum de achaīo rectangulum altitudinem quidem habens equalem recte *ab*, latitudinem autem equalem ipsi *bg*,

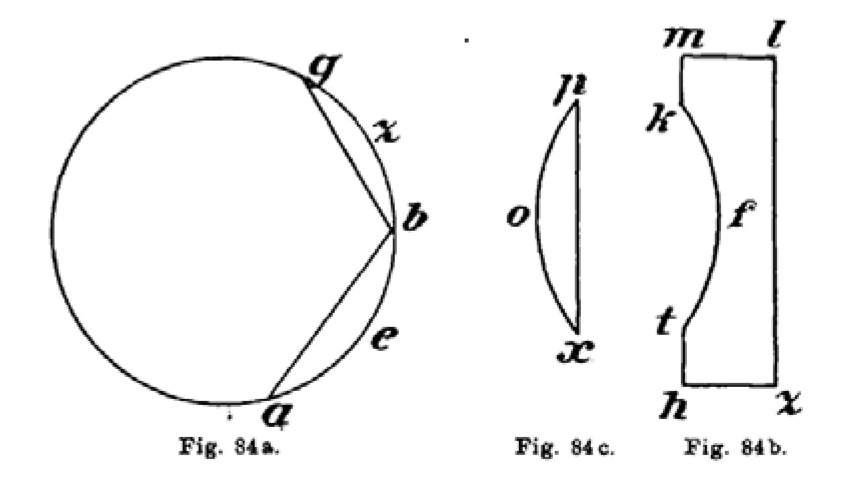



Fig. 84a. Fig. 84c. Fig. 84b.

324 superficierum autem eam | quidem que longitudinis convexam adoperatam ad concavam superficiem *aeb*, 5 eam autem que latitudinis concavam adoperatam ad convexam periferiam *bzg*. apparent autem dextra dextra et sinistra ⟨sinistra⟩. similiter autem et distante quasi duobus cubitis apparet idolum commensuratum et simile vero. magis autem distante videbitur apparentis 10 idolum in anterius protendi. propius autem accedente visu ut ad convexam superficiem speculi, fit informe idolum apparentis. et magis accedente adhuc magis,

---

2 *f.* de ⟨aere⟩ Achaico. *cf. Blümner IV, 183 de aere Corinthio spectatissimo. v. etiam infra 344, 3* specula erea 5 *post* superficiem *lacunam indicat O* 7 *post* periferiam *lacunam indicat O* *f.* bdg 8 sinistra *add. R* autem *om. OE* *ad* distante *suppl.* visu, *cf. v. 12* 12 ut ad = *ὡς ἐπί, non ὥσπερ ἐπί* convexam: concavam *Pfaff*

konkav, wie *zhtfklm* (Fig. 84b), die der Breite nach der Wölbung *bzg* hergerichtet und (cylindrisch) konvex, wie es z. B. *xop* ist (Fig. 84c).[1]) Und man richte einen rechtwinkligen Spiegel (Fig. 84d) aus achäischer (korinthi-

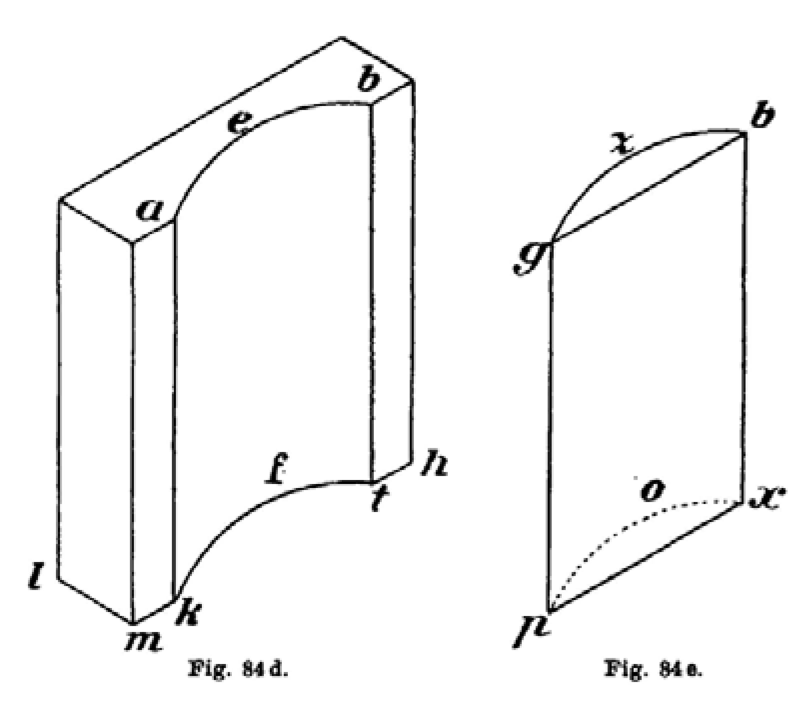



Fig. 84 d. Fig. 84 e.

scher) Bronze vor mit einer Höhe, welche der Geraden *ab* und einer Breite, welche *bg* gleich ist.[2]) Von den Spiegelflächen (Fig. 84d—e) aber ist die konvexe Seite der Länge nach der konkaven Krümmungsfläche (Wölbung) *aeb*, ebenso die konkave Seite der Breite (des Spiegels) nach der konvexen Peripherie *bzg* konstruiert. Es erscheint

1) Fig. 84c entspricht annähernd der hsl. Figur, in der *xop* allerdings einen Halbkreis bildet. *xp* ist kleiner zu denken.

2) Fig. 84d und 84e bilden je einen Emboleus (s. S. 347) für die beiden Seiten des Spiegels, der genau in den Zwischenraum zwischen den konkaven und konvexen Emboleus paſst. Wir haben uns zunächst wohl nur auf der konkaven Seite einen wirklichen Spiegel zu denken. Für beide Seiten sind wirkliche Spiegel erst 342, 3 vorausgesetzt, für die konvexe allein 338, 12. S. dazu aber S. 405.

converso etiam eo quod speculatur ex contrariis, adhuc accedente prolixius idolum apparet. et facies consimilis speciei equi fit. et semper magis inclinato

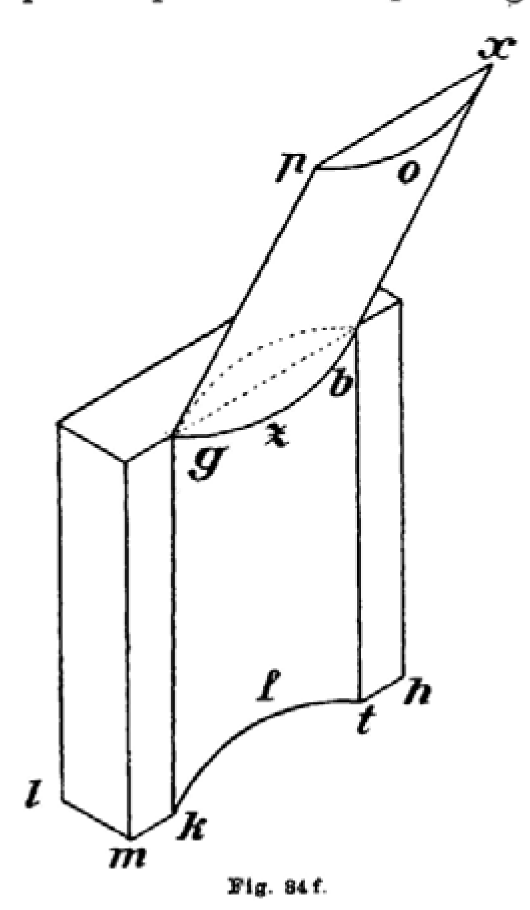


Fig. 84 f.

speculo et idolum inclinatum apparet. propter quod et opportunum est ipsi preparare sedem volubilem in 5 qua conversatur speculum, ut apparens idolum quan-

---

1 etiam *O*: in *E*: *om. A* quod: *f.* qui converso … contrariis = *καὶ ἀντιστρόφου ὄντος τοῦ κατοπτριζομένου* 3 equi *O*: eque *AE* 5 *f.* in qua — 7 speculum *del.* 6 conversatur *scripsi*: conservatur *OA* (ↄ̊su² *A*) *E*: convertatur *R*

aber das Rechte rechts und das Linke links.[1]) Ebenso erscheint, wenn der sichtbare Gegenstand etwa zwei Ellen (zu je 46 cm) weit (von dem cylindrisch-konkaven Spiegel) entfernt ist, das Bild (im konkaven Spiegel) pro-
5 portioniert (?, oder in gleichen Dimensionen?), und dem wirklichen ähnlich(, also kongruent?). Entfernt sich aber der sichtbare Gegenstand (von dem cylindrisch-konkaven Spiegel) weiter, so wird man das Bild desselben sich weiter nach vorn erstrecken sehen.[2]) Tritt das Auge aber
10 näher an die konvexe Spiegelfläche heran, so wird das Bild des sich spiegelnden Objekts (des Gesichtes) unförmig und um so mehr, je näher es heran tritt, wobei der Beobachter auch entgegengekehrt (d. h. das Rechte links) ist. Tritt man noch näher (an den konvexen Spiegel),
15 so erscheint das Bild ziemlich lang, und das Antlitz wird dem äufsern Aussehen eines Pferdes[3]) ähnlich (d. h. so länglich wie ein Pferdekopf). Und je mehr man den (konvexen) Spiegel neigt, um so mehr erscheint auch das Bild geneigt. Darum erscheint es auch ange-
20 zeigt, für den Spiegel einen drehbaren Sitz einzurichten, in welchem sich der (konvexe) Spiegel umdrehen kann, damit das sichtbare Bild bald den Kopf nach oben hat[4]),

1) Es ist dies bei cylindrisch-konkaven Spiegeln zutreffend. Z. B. erscheint in diesen auch in gewisser Entfernung die Schrift nicht als Spiegelschrift, sondern ist rechtsläufig. Die sphärischen Hohlspiegel dagegen zeigen das Rechte links und nur Spiegelschrift.

2) Es ist nicht klar, was damit gemeint ist. Herr Dr. Pfaff glaubt dies auf das reelle Bild vor dem Hohlspiegel beziehen zu dürfen.

3) Man mufs beachten, dafs es sich hier um einen cylindrisch-konvexen Spiegel handelt, der von den Gegenständen ein Zerrbild giebt, während der sphärische Konvexspiegel (von geringer Öffnung) zwar verkleinert, aber doch den Gegenstand in seinen natürlichen Dimensionen erscheinen läfst. Verzerrung zeigt in gewisser Entfernung auch der cylindrische Hohlspiegel. S. unten S. 404.

4) Wenn nämlich der konvexe Spiegel $bzgxop$ aufgerichtet ist. In Figur 84f ist $zhtfklm$ nur das Gestell ohne Hohlspiegel. Vgl. übrigens Plato oben S. 312, 9—12.

doque quidem habeat caput sursum, quandoque autem deorsum, pedes autem sursum.

Si autem duarum facierum fiat speculum, hoc est ex posterioribus et anterioribus partibus, dextra dextra apparebunt, ex posterioribus autem supercapitales demonstrabit sicut antipodas. 5

## XII.

Speculum construere quod dicitur polytheoron, id est multividum. facit autem dextra dextra apparere,

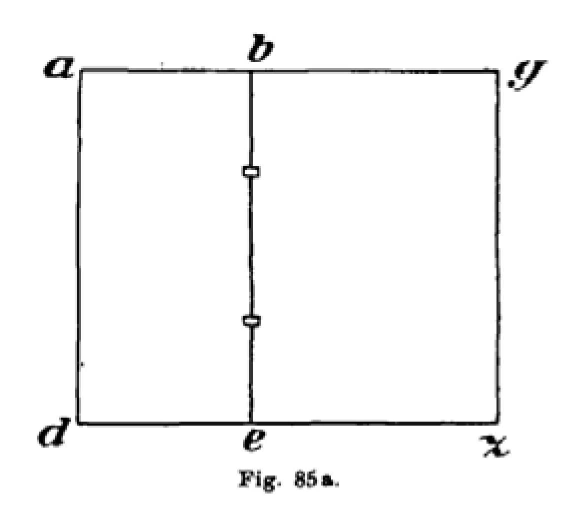


Fig. 85 a.

adhuc autem et motum facit apparere, attestatur quia Pallas genita fuit ex vertice Jovis, multas facies mani- 10

3 *paulo aliter Euclid. Catoptr. 29 (VII, 338)* 4 *f.* ⟨ex anterioribus partibus⟩ dextra dextra dextra *O:* dextris dextra *E:* dextra *A* 5 supercapitales *O:* -tale *AE* demonstrabit *OA:* demonstrabitur *E* 6 antipodas *OA:* antipoda *E* 7 *in marg.* 4ª *A* 7 *cf. Witelo V, 64 p. 222 et Euclid. Catoptr. 13 (VII, 306)* construere *OA (non* constituere *in A):* constituere *E* polytheoron *O:* polytheoson *AE* 8 multinidum *E:* multitu$^{\text{nū}}$ *A:* multitudum *O, corr. R* 9 *post* autem et *album O* *post* apparere *album O*

bald aber den Kopf nach unten, dagegen die Füſse nach oben hat.[1])

2. Aufgabe. Ein konkav-konvexer Klappspiegel.

Falls aber ein Spiegel mit zwei Spiegelflächen hergestellt wird, auf der Vorder- und Rückseite, so 5 wird (auf der konkaven Vorderseite) das Rechte rechts erscheinen, auf der (konvexen) Rückseite aber wird der Spiegel die Leute auf dem Kopfe zeigen, wie (von uns aus gedacht) die Antipoden.[2])

## XII.

3. Aufgabe. Das Polythéoron (Planwinkelspiegel). Fig. 85a—c.

10 Einen Spiegel zu konstruieren, den man πολυθέωρον (polythéoron) nennt, d. h. mit vielen Bildern. Er läſst aber das Rechte rechts erscheinen, ferner läſst er eine Bewegung[3]) erscheinen, bezeugt (= stellt

---

1) Wenn der Beschauer den konvexen Spiegel nach unten neigt und dabei sich spiegelt.

2) Man denke sich in Fig. 84f auf der Vorderseite von *xop* noch eine konkave Spiegelfläche, so hat man die angedeutete Vorrichtung. Derartige Spiegel (Vorderseite konkav, Rückseite konvex, in Rahmen mit Griff, sind auch heute noch in Gebrauch (in sphärischer Gestalt). Eine Einrichtung, wie die von Pseudo-Euklid Katoptr. 29 (VII, 338) beschriebene (s. Fig. 84g, wo *a* die konvexe, *b* die konkave Seite vorstellt), kann wohl nicht gemeint sein. Man beachte, daſs im gegebenen Falle in Figur 84f, wenn der Spiegel nach unten geklappt ist, die konvexe Seite h i n t e n liegt, die konkave dagegen v o r n. — Ein konkav-konvexer Spiegel, dessen Spiegelflächen auf einer Seite liegen und in einander übergehen, wird im Manoir à l'envers der Pariser Weltausstellung (1900) gezeigt.

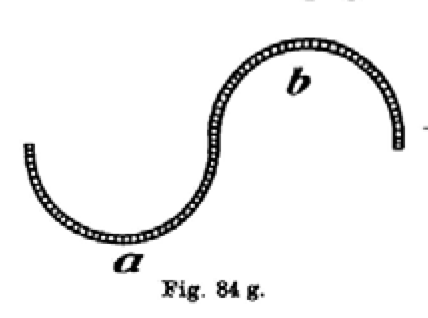


Fig. 84 g.

3) Falls nicht die Bewegung mit der Athene gemeint ist, könnte nach Witelo V, 64 S. 222 daran gedacht sein, daſs der Beschauer sein eigenes Bild in dem einen Spiegel kommen und in dem andern gehen sieht.

festat, unum digitum facit multos, deinde dicreta boum capita manifestat.

Sint duo specula erea rectangula plana ad regulam operata secum invicem iacentia que *aeg* super eandem basim existentia scilicet *dz*, ita ut latus *be* sit commune amborum. habeant | autem specula altitudinem *be* duplam latitudinis *ab*. placet autem quibusdam facere altitudinem emioliam latitudinis.

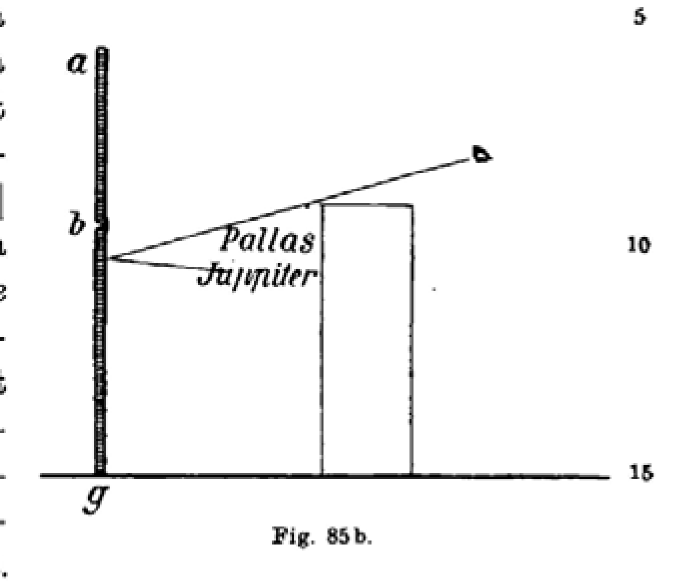



Fig. 85 b.

nihil autem differt gratia bone proportionis facere quamcunque mensuram quis voluerit. ut igitur aperiantur et claudantur specula, revolvantur secundum commune ipsorum latus *be*, sed nihil variantia idolis esse. et erit factum.

1 *post* deinde *lacuna nescio quot litterarum OA* dicreta (*i. e.* διφυῆ) *O:* discreta *E:* distracta *A* 2 boum *OA:* bonum *E:* horum *Martin* 5 basem *A* 12—13 latitudinem autem ·ab· *A* 20 et *om. A* 21 *f.* sed ⟨oportet⟩ sed *E:* secundum *OA* idolis *OE:* ydolum *A* *post* idolis *album O*

2) D. h. abgesehen davon, daſs die Bilder, in welchen die rechte Seite links erscheint, durch Widerspiegelung mit solchen abwechseln, in denen die rechte Seite rechts erscheint.

dar), daſs Athene aus dem Haupte des Zeus entsprossen[1]) ist, zeigt ein Antlitz vervielfältigt, einen Finger mehrfach, sodann Köpfe von Ochsen doppelt.

Es seien *aeg* (Fig. 85a) zwei bronzene rechtwinklige 5 ebene Spiegel, welche genau nach dem Richtscheite an einander gepaſst sind und auf derselben Grundfläche ruhen, nämlich *dz*, so daſs die Seite *be* beiden gemeinsam ist. Die Höhe der Spiegel *be* sei doppelt so groſs als die Breite *ab*. Manche ziehen aber vor, die Höhe $1\frac{1}{2}$ mal so groſs als die Breite zu machen.

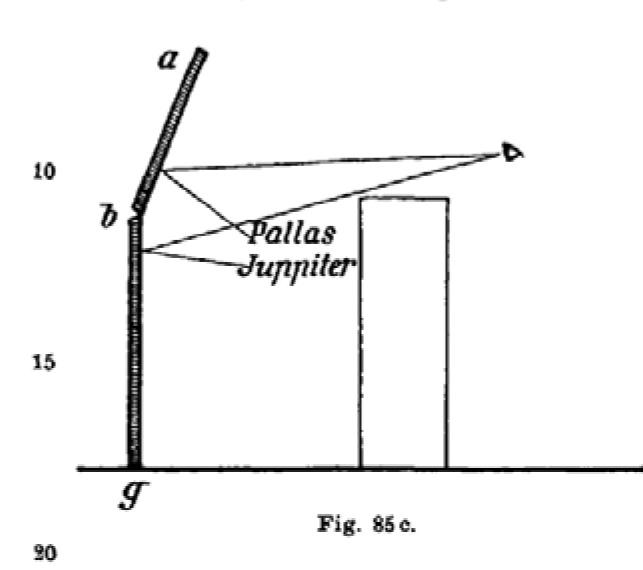


Fig. 85c.

Es macht aber in Ansehung der guten Proportion keinen Unterschied, wenn man jedes beliebige andere Maſs nimmt. Damit nun die Spiegel sich öffnen und schlieſsen, mögen sie auf ihrer gemeinsamen Seite *be* 25 drehbar sein, aber in Bezug auf die Bilder dürfen sie keinen Unterschied machen.[2]) Und so ist die Aufgabe gelöst.

---

1) Man denke sich den Winkelspiegel *abg* (Fig. 85b) derart senkrecht aufgestellt, daſs das Scharnier bei *b* horizontal liegt. Dem Beschauer verdeckt mag gegenüber dem oberen Ende des Spiegels *gb* etwas unterhalb des Randes eine Figur des Juppiter aufgestellt werden, unmittelbar darüber, etwa dem Scharnier gegenüber, ebenso eine Figur der Pallas. Anfangs sieht der Zuschauer oben in *gb* nur die Figur des Juppiter (Fig. 85b). Sobald aber der Spiegel *ab* nach vorn geneigt wird (Fig. 85c), sieht der Zuschauer zuerst den Kopf der Pallas, dann die ganze Figur, zugleich auch Juppiter.

## XIII.

Speculum construere quod dicitur mok9on.

Exponantur due recte que *ab*, *bg*, et sit que *ab* dupla ipsius *bg*, vel proportionem aliam habeat quamcunque voluerint. et sit que quidem *ab* altitudo speculi, que autem *bg* latitudo. 5 et centro quidem extremitatibus latitudinis, distantia autem ipsa *bg* periferie descripte secent invicem penes *d*, et rursum centro quidem *d*, distantia autem utraque 10 ipsarum *db* et *dg* periferia describatur concava que *beg*. et sit factus ad eam que in recta *beg* periferiam *beg* concavus qui *zht*. et preparetur speculum ereum 15 rectangulum habens altitudinem equalem ipsi *bag*, latitudinem autem equalem ipsi *beg* recte, superficierum autem eam quidem que altitudinis rectilineam, eam autem que latitudinis convexam ad concavum embolea *zht* operatam. et erit facta cilindri 20 sectio figura convexe superficiei.

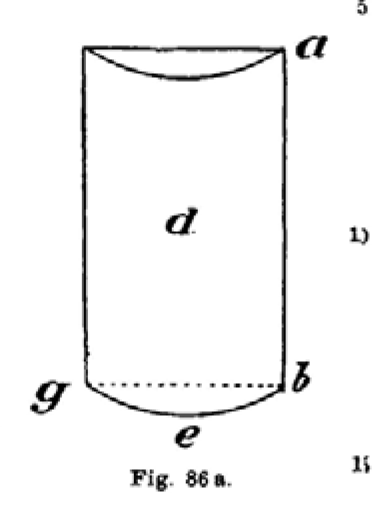


Fig. 86 a.

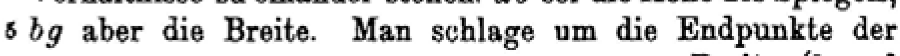
1 *in marg.* 5ª *A* mok9on *(sic) OA:* moron *E: μωκῶν R, f. recte* 13 sit factus ad = *κατεσκευάσθω πρὸς κτέ.* 14 *f.* bg (per.) beg *OE:* ·bef· *A* *f.* concavus ⟨emboleus⟩ 17 *f.* ba *f.* bg 18 altitudinis secundum r͞a (= rectam) lineam *A* 19 *f.* eam ... latitudinis = *τὴν δὲ τοῦ πάχους* (quod in *πλάτους* abierat) 19—20 ad ... operatam = *πρὸς ἐμβολέα ... κατεσκευασμένην* 20 *de embolis cf. Anthemius Περὶ παραδόξων μηχανημάτων III p. 157 ed. Westerm. Schneid. Ecl. I, 405. 406. II, 261* 21 superficiei convexe *A* *Mutilumne caput?*

3) Das vielleicht unvollständige Kapitel hat in mehreren Einzelheiten Ähnlichkeit mit Kap. XI. Vgl. übrigens Ptolemaeus Optik S. 133 *specula composita ex directione et curvitate.*

## XIII.

**4. Aufgabe. Der Vexierspiegel. Fig. 87a—e.**

Einen Vexierspiegel[1]) zu konstruieren.

Man ziehe zwei Gerade *ab* und *bg* (Fig. 86a); *ab* sei das Doppelte von *bg*. Oder sie mögen in beliebigem Verhältnisse zu einander stehen. *ab* sei die Höhe des Spiegels,

*bg* aber die Breite. Man schlage um die Endpunkte der Breite (*b* und *g*) als Mittelpunkte mit *bg* als Zirkelöffnung (Radius, eigentlich Entfernung) zwei Kreise, die sich in *d* schneiden. Dann beschreibe man wieder um *d* als Mittelpunkt mit *db*

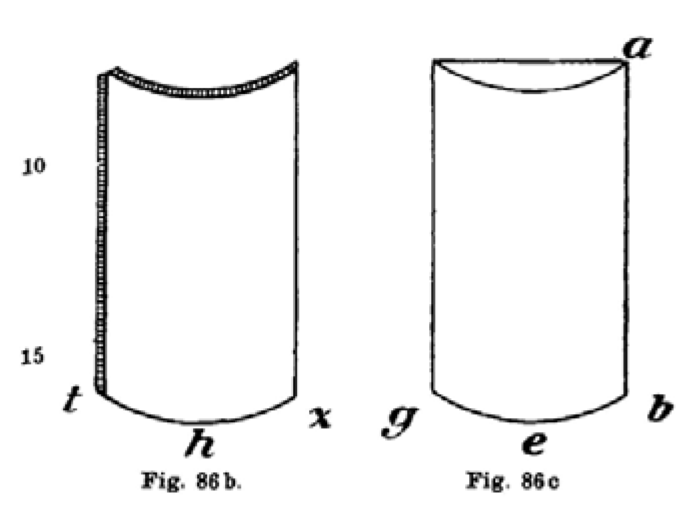


Fig. 86b. Fig. 86c

und *dg* als Radien die konkave Peripherie *beg* (Fig. 86a). Und nach der Peripherie *beg* auf der Geraden *b*[*e*]*g* mache man eine konkave Krümmungsfläche (Emboleus[2]), Innenwölbung von Fig. 86b) *zht*. Man konstruiere einen bronzenen, rechtwinkligen Spiegel (Fig. 86c), der so hoch sei als (die Fläche) *bag*, so breit als die Gerade *b*[*e*]*g* (Fig. 86a). Von den Flächen ist die die Höhe bestimmende (?) geradlinig (platt?), die die Breite (den erhabenen Teil) bildende konvex, welche entsprechend der konkaven Krümmungsfläche *zht* konstruiert ist (Fig. 86b). Und so ist die Figur der konvexen Fläche ein Cylinderschnitt.

---

1) Fig. 86d u. e sind hsl. Figuren. S. vorn S. 310.

2) Heron. op. I, 132, 10 u. ö. ist Emboleus ein Kolben. Bei Anthemius († 534 n. Chr.) und im Fragm. math. Bob. ed. Belger (Herm. 16, 267. 270) bezeichnet aber das Wort die Krümmungs- oder Einfallsflächen des Spiegels, hier die Cylinderform.

## XIV.

Speculum construere quod dicitur theatrale.

Exponatur circuli periferia contingens que *abgdez*, centrum autem ipsius sit *h*, et sit divisa que *abgdez* in partes equales quinque, scilicet *atb*, *btg*, *gtd*, *dte*, *etz*, et copulentur subtendentes periferias recte que 5 *ab*, *bg*, *gd*, *de*, *ez*; et intelligantur a centro ad signa *a*, *b*, *g*, *d*, *e*, *z* copulate recte que *ha*, *hb*, *hg*, *hd*, *he*, *hz*. et ablatis hiis que super *ab*, *bg*, *gd*, *de*, *ez* 326 vadunt perife|riis, scilicet *atb*, *btg*, *gtd*, *dte*, *etz*, super rectas *ab*, *bg*, *gd*, *de*, *ez* erigantur specula erea su- 10 spensa, figura quidem tetragona, superficiebus autem plana, equidistantibus ipsis *ai*, *bk*, *gl*, *dm*, *en*, *zx*, tangentia invicem, ita ut sint communia ipsorum latera que *kb*, *lg*, *md*, *ne*, inclinata autem ita ut anguli contenti ab *ai ik*, *bk kl*, *gl lm*, *dm mn*, *en nx* sint 15 equales †angulis contentis ab *ha ab*, *hb bg*, *hg gd*, *hd de*, *he ez* rectis, et ut sint que quidem per *abgdez* plana in supposito plano, latera autem *ik*, *kl*, *lm*, *mn*, *nx* stantium speculorum elevata, in quibus plana iaceant equidistantia planis que per signa *ab*, *bg*, *gd*, *de*, *ez*. 20

---

1 *Witelo V, 58 p. 217* 2 *f.* continens 2. 3 abgdez *O:* abgd *AE* 4 btg *O:* gtb *A: om. E* gtd *OE:* dtb *A* 6 signa *OE:* $\text{sig}^{\underline{m}}$ (= signum) *A* 9 dte, etz *OE:* dtz *A* 10 de, ez *OE:* dz *A* 12 equidistantibus *scripsi:* -tia *OAE* ipsis = ταῖς *post* ipsis *album 12 versuum A* gl *O:* ge *AE* 13 invicem *O:* basim *AE* 15 bk *O:* ok *AE* mn *R:* me *OAE* 16 *f.* equales ⟨invicem, etiam aequalibus⟩ hd *om. A* 17 rectis *OA: om. E* 19 elevata *scripsi:* elevatorum *OAE* planum *OAE: corr. R* 20 plano quod *OAE: corr. R* signa *OE:* sīglá (= singula) *A* *f.* signa a, b, g, d, e, z

## XIV.

**5. Aufgabe. Der theatralische Spiegel. Fig. 87.**

Einen sogenannten theatralischen Spiegel zu konstruieren.

Man beschreibe eine zusammenhängende Peripherie *abgdez*. Ihr Mittelpunkt sei *h*. Die Peripherie *abgdez* 5 sei in fünf gleiche Teile geteilt, nämlich *atb*, *btg*, *gtd*, *dte* und *etz*. Man ziehe die Sehnen *ab*, *bg*, *gd*, *de* und *ez*; und man denke sich vom Mittelpunkte nach den Punkten *a*, *b*, *g*, *d*, *e*, *z* die Geraden (Radien) 10 *ha*, *hb*, *hg*, *hd*, *he* und *hz* gezogen. Und nachdem man die Bogen, welche über *ab*, *bg*, *gd*, *de* und *ez* laufen, nämlich *atb*, *btg*, *gtd*, *dte*, 15 *etz*, entfernt hat, richte man auf den Linien *ab*, *bg*, *gd*, *de* und *ez* (an einander) hängende, 20 bronzene Spiegel auf, die ihrer Gestalt nach viereckig und ihrer Oberfläche nach eben sind mit den parallelen Seiten *ai*, *bk*, *gl*, *dm*, *en*, *zx*, indem die Spiegel einander so berühren, daſs *kb*, *lg*, *md* und *ne* ihre gemeinsamen 25 Seiten bilden. Sie sind aber so (gegen einander) gelehnt, daſs die von *ai* und *ik*, *bk* und *kl*, *gl* und *lm*, *dm* und *mn*, *en* und *nx* eingeschlossenen Winkel (unter einander) gleich sind, wie ebenfalls die von *ha* und *ab*, *hb* und *bg*, *hg* und *gd*, *hd* und *de*, *he* und *ez* eingeschlossenen Winkel 30 unter einander gleich sind, und daſs die Spiegelflächen in *abgdez* sich auf der ebenen Unterlage befinden, aber die Seiten *ik*, *kl*, *lm*, *mn*, *nx* der stehenden Spiegel sich in der Höhe befinden. Die Flächen (oberen Kanten) auf diesen Seiten sollen aber den Flächen (unteren Kanten), 35 welche durch die Punkte (bezw. Linien) *ab*, *bg*, *gd*, *de*

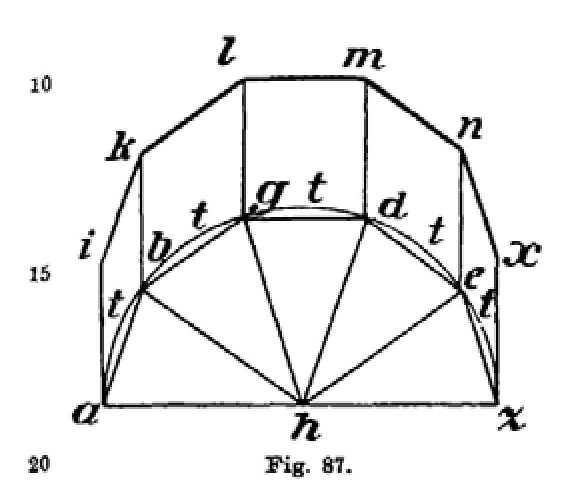


Fig. 87.

et erit factum. specula enim super rectas *ab*, *bg*, *gd*, *de*, *ez* iacentia erunt nuentia ad centrum *h*.

XV.

Aliter idem preparare opportunum.

Esto trigonum rectangulum *abg*, et in duo equa secetur que *bg* penes *t*, et super lineam quidem *ag* planum *zh* speculum sit †me, quod autem super *ab* quod *de* planum speculum. et sit qui quidem intuetur *tk*, oculus autem ipsius signum *t* intuens in utrumcunque voluerit speculorum. et erit factum. iacente autem altero speculo, dico autem quod ⟨intuentis, immoto, altero autem⟩ adnuente et abnuente existente retro

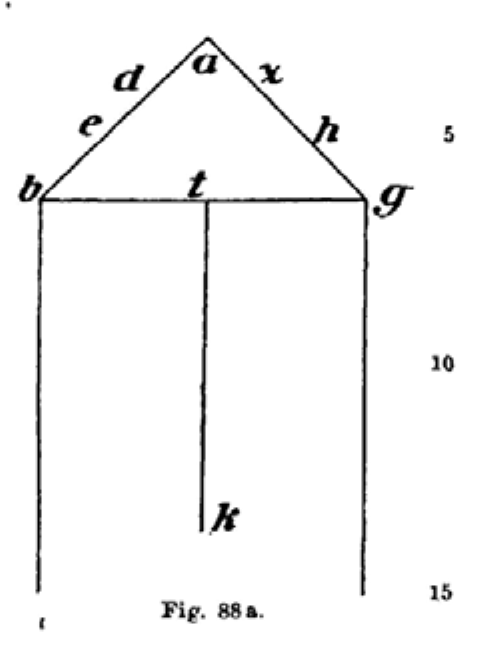


Fig. 88 a.

1—2 et erit ... ez *O: om. AE* 2 nuentia *O:* nñentia *A (cf. fragm. Bob. Herm. 16, 281, 34 νεύειν ἐπὶ τὸ κέντρον):* necessaria *E:* intuentia *R* 3 *cf. Witelo V, 59 p. 218.* 7 secetur *O:* secentur *A:* secet *E* 7 penes *O: om. AE* 9 me *del. R: f.* me⟨dium⟩ 10 ag *OAE, corr. R* 12 qui *O:* que *AE* 16—17 iacente ... immoto = κειμένου ἀκινήτου *(cf. Heron. Pneum. 146, 2 τεθείσης ἀκινήτου τῆς βάσεως) et Anthem. Περὶ παραδ. μηχ. ed. Westerm. 155, 18 μένοντος τοῦ μέσου (sc. κατόπτρου) ἀκινήτου* 17 quod *AE: om. O* intuentis *add. R* 17—18 immoto altero autem *inserui* 18 adnuente et abnuente *O* (= ἀνανεύοντος καὶ ἐπινεύοντος (= ἀπονεύοντος). *cf. Heron. op. I, 134, 14. Belop. 78, 7. 8 We. Anthem. Περὶ παραδ. μηχαν. 155, 19. 156 ed. Westerm.):* nuente et abnuente *A: om. E album relinquens* 18 — p. 352, 1 retro veniet *O:* ret° (= retro) neī et *A:* recto veniet *E*

und *ez* gehen, parallel liegen. Und so ist die Aufgabe gelöst. Denn die Spiegel auf den Linien *ab*, *bg*, *gd*, *de*, *ez* sollen so aufgestellt sein, dafs sie (alle) nach dem Mittelpunkte *h* gerichtet sind.

## XV.

5 Es ist angebracht, dieselbe Vorrichtung noch anders zu machen.

6. Aufg. κάτοπτρον ὀπισθιον. Fig. 88 a u. b.[1])

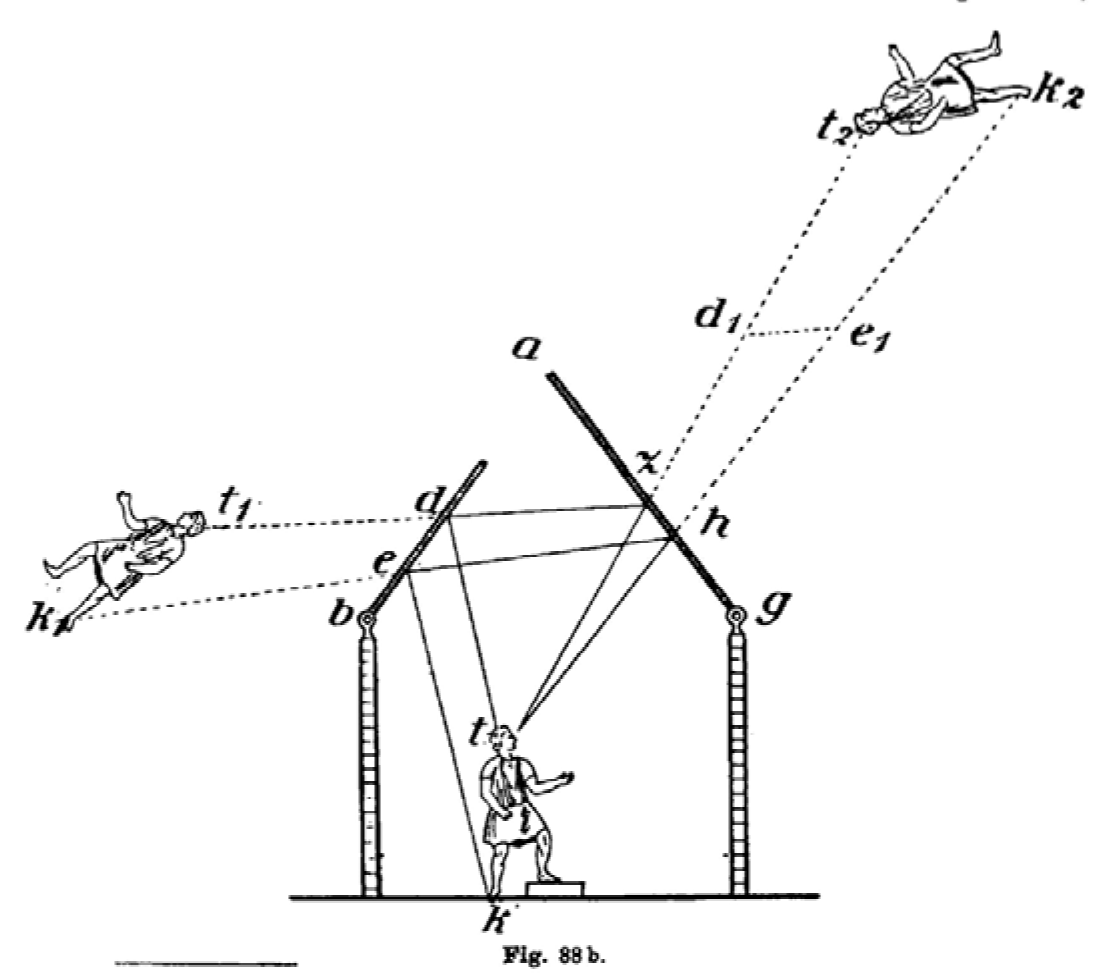



Fig. 88 b.

1) Fig. 88 a ist hsl. Figur. In der Rekonstruktion 88 b stellt *tk* das Bild der Person dar, welche im Spiegel *zh* ihr eigenes Bild auf- und niederschweben sieht, wenn der Spiegel *de* um ein Scharnier auf- und niedergelegt wird. [ $t_1 k_1$ ist die

veniet radius usque ad signum quod est in calcaneo intuentis in speculo, et putabit volare.

## XVI.

In aliqua domo fenestra existente opportunum sit ponere in domo speculum per quod apparebunt qui in adverso venientes sive in †cimis sive in plateis conversantes videntes in aliquo dato loco, in | domo tamen.

Sit qui quidem in domo locus *a*, quod autem volumus apparere *b*, fenestra autem *g*, et copulata que *bg* educatur et incidat in pariete domus et planitiei secundum *d*, et copuletur que *ad*. oportebit ergo per *ad* radium quendam procedentem a visu et speculo incidentem secundum *d* in angulo equali refringi ad *b*. iaceat igitur speculum *zh* rectum ad planum quod per *ad*, *db*. equales ergo erunt anguli qui sub *zda*, *hdb*. secetur itaque in duo equa angulus qui sub *adb* per rectam *de*. que ergo *de* ad rectos est speculo *zh*. quoniam igitur datum est utrumque ipsorum *ae*, *ge*, proportione ergo radius ipsorum *ad*, *gd*; proportione autem et cui incidit muro. datum ergo *d* secundum *zh*,

---

2 volare *OA:* volare ·d· *E*  3 *in marg.* 7ª *A*  *cf. Witelo V, 57 p. 217*  6 cimis *OAE:* vicis *Witelo: f.* rymis. *cf. 318, 21. vid. etiam Luc. 14, 21* εἰς τὰς πλατείας καὶ ῥύμας τῆς πόλεως  7 tamen *O:* t' *A:* tunc *E*  11 secundum = κατὰ (τὸ δ)  13 *f.* angulis equali⟨bus⟩  17 ergo *fortasse* = οὖν  18 ae, ge *scripsi:* bge *AE:* b·g· *O:* bg ga *R*  19 proportione *O:* p̄one *A:* pone *E et sic semper*  ad, gd *scripsi:* bgd *OAE*  20 cui: *an* qui *(sc.* radius*)?*  incidit *OA:* incidat *E*  ergo *OE: om. A*  d *OE:* gd *A* (*erat* g̊ (ergo) d)  zh *R:* za *AE:* et *O*

Es sei *abg* (Fig. 88a) ein rechtwinkliges[1]) Dreieck. Und es werde *bg* bei *t*[2]) in zwei gleiche Teile geteilt. Auf der Linie *ag* befinde sich ein ebener Spiegel *zh*. Der auf *ab* sei der ebene Spiegel *de*. Der Beobachter sei *tk*,
5 Punkt *t* sein Auge, welches in einen beliebigen von den beiden Spiegeln sieht. Und so wird das gemacht. Indem der eine Spiegel (*zh*, Fig. 88b) festgelegt wird, ich meine den des Beobachters, aber der andere im Rücken desselben befindliche (*de*, Fig. 88b) auf- und abwärts bewegt wird,
10 so wird im Spiegel der Strahl bis zu einem Punkte ($k_2$, Fig. 88b) gelangen, welcher auf der Ferse des Beobachters liegt, und er wird zu fliegen (auf- und abzuschweben) glauben.

XVI.

**7. Aufg. Der Strafsenspiegel (der sog. Spion). Fig. 89.**

Wenn in irgend einem Hause ein Fenster ist,
15 so dürfte es zweckmäfsig sein, im Hause einen Spiegel aufzustellen, in dem die auf der entgegengesetzten Seite Kommenden oder die auf den Gassen oder Strafsen sich Herumtreibenden sichtbar werden, indem man sie von einem gegebenen Punkte aus, der jedoch im Hause
20 liegt, sieht.

Es sei *a* (Fig. 89) der Platz im Hause, *b* das Objekt, welches sichtbar werden soll, *g* das Fenster. Man ziehe die Verbindungslinie *bg* und verlängere sie, und sie falle auf eine Wand (Decke[3])) des Hauses und zwar auf eine
25 Fläche in *d*, und man verbinde *ad*. In der Richtung *ad* mufs also ein Strahl vom Auge ausgehen, in *d* in den Spiegel fallen und nach *b* unter gleichen Winkeln reflektiert werden. Es werde also der Spiegel *zh* rechtwinklig

---

erste Spiegelung der Figur im Spiegel *de*. Dieses Bild wird zusammen mit dem Spiegel $d_1\, e_1$ als $t_2\, k_2$ in *zh* widergespiegelt und vom Beschauer gesehen.

1) Man läfst die Spiegel besser ein spitzwinkliges Dreieck wie in Fig. 88b bilden.

2) Im Drucke hat die Figur an Stelle von *t* (= $\vartheta$) irrtümlich den Buchstaben *f*. Hs. *O* hat aber *t* am richtigen Orte.

3) S. oben S. 310.

proportione ergo que *ad*. datus est ergo angulus qui sub *adb*. et in duo equa secatur per rectam *de*, proportione ergo que *de* et a dato *d* ad rectos producta est super *zh*, proportione ergo et planum, hoc est speculum. componetur itaque sic. iaceat apud signum *g* dioptra *nygx* et moveatur circa *g*, donec utique per ipsum videatur signum *b*. consideretur signum ali-

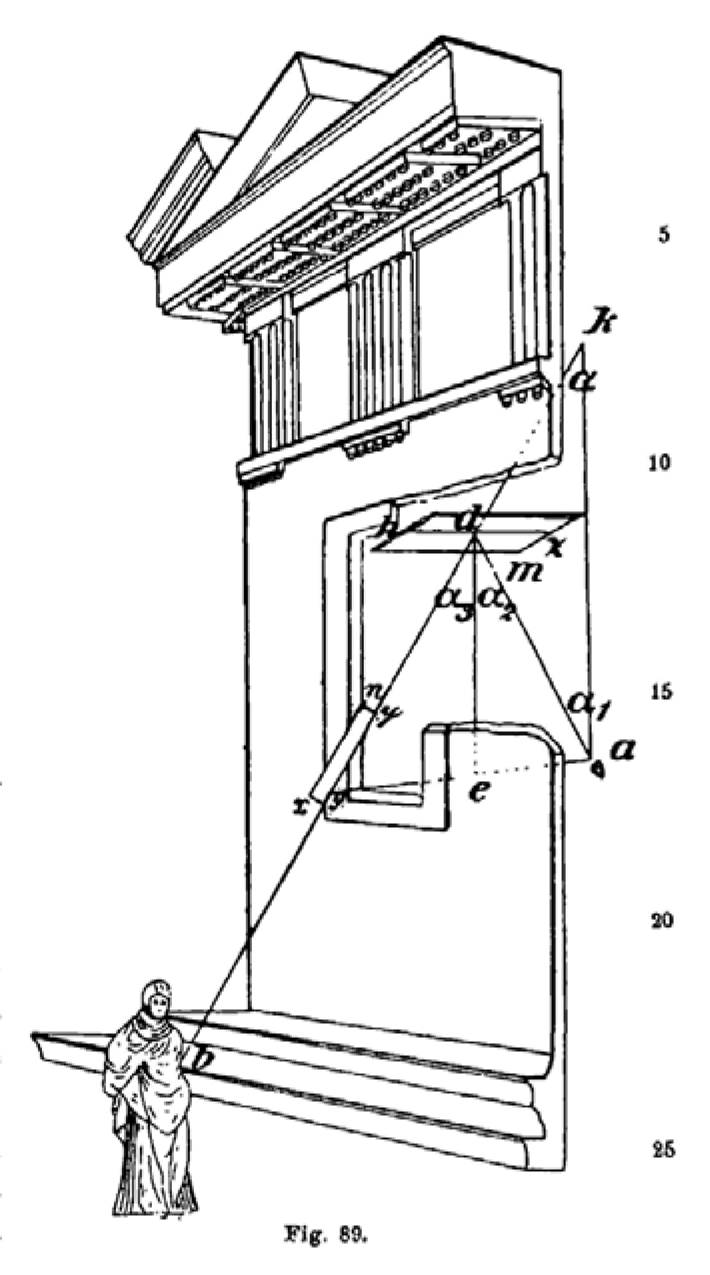



Fig. 89.

1 *ante* proportione *album O* 18 itaque sic *O:* sic. itaque *AE* 20 signum *OE:* figuram *A* g diopstra *(sic $O_2$) O: om. AE* 21 nygx *OA:* ·gn·gx· *E* 23 g *O:* d *AE*

zu der durch *ad*, *db* gebildeten (vertikalen) Ebene gestellt. Also werden die Winkel *zda*, *hdb* gleich sein (als Einfalls- und Reflexionswinkel). Man teile nun den Winkel *adb* in zwei gleiche Teile durch die Gerade *de*. Es bildet nun *de* rechte Winkel mit dem Spiegel *zh*. Da ja also beide Linien *ae* und *ge* (Hs. *bge*) gegeben sind, so ist also durch die Proportion ihr Strahl *ad*, *gd* (Hs. *bgd*) gegeben.[1]) Durch die Proportion ist aber (ferner) auch der Strahl gegeben, welcher auf die Mauer fällt. Also ist der Punkt *d* auf *zh* gegeben. Daraus ergiebt sich durch die Proportion *ad*. Also ist der Winkel *adb* gegeben. Man teilt ihn durch die Linie *de* in zwei gleiche Hälften. Es ist also durch die Proportion *de* gegeben und von dem gegebenen *d* rechtwinklig auf *zh* errichtet. Durch die Proportion ist also auch die Ebene, d. h. die Spiegelfläche gegeben. Man macht es also folgendermaſsen: Es werde in Punkt *g* die Dioptra *nygx* gesetzt und um *g* bewegt, bis der Punkt *b* darin zum Vorschein kommt. Man denke sich irgend einen Punkt der Wandflächen, die das Haus einschlieſsen. Und wenn man sich *d* ausgedacht hat, so werde *ad* verbunden und der Winkel *adg* durch die Gerade *de* in zwei gleiche Teile geteilt. Er wird nun dementsprechend geteilt werden, wenn die Linie *ag* verbunden und bei *e* so geteilt wird, daſs beide Linien (*ae* und *ge*) sich wie *ad* zu *dg* verhalten.[2]) Es ist also (das Verhältnis von) *ae* zu *eg* gegeben. Nun konstruiere man auch einen ebenen Spiegel und setze ihn rechtwinklig auf *de*, so daſs *d* sein Mittelpunkt ist. Und so wird der, welcher auf *d*

---

1) Siehe weiter unten.

2) Der Beweis läſst sich nach Euklid Elem. VI, 3 (II, 80 Heib.) folgendermaſsen vervollständigen: Zieht man die Linie *ak* parallel zu *de*, so ist $\angle \alpha_2 = \alpha_1$ als Wechselwinkel und $\angle \alpha_3 = \alpha$ als Gegenwinkel. Nun ist auch $\angle \alpha_2 = \alpha_3$ nach der Voraussetzung, daſs $\angle bda$ in zwei gleiche Teile geteilt wird. Also $\angle \alpha_3 = \alpha_2 = \alpha_1 = \alpha$, daher ist nach Euklid Elem. I, 6 $ad = dk$. Und weil $ak \parallel de$, so verhalten sich $ae : ge = dk : dg$. Da aber $dk = ad$, so folgt $ae : ge = ad : dg$.

quod planorum continentium domum. et si consideratum sit *d*, et copuletur que *ad* et in duo equa secetur angulus qui sub *adg* per rectam *de*. secabitur itaque sic, si copulata que *ag* recta secetur penes *e*, ita ut sit ut que *ad* ad *dg* utraque [enim] ipsarum. data itaque *ae* ad 5 *eg*. construatur itaque et speculum planum, et iaceat ad angulos rectos ipsi *de*, ita ut medium ipsius sit signum *d*, et ita apud signum *d* visiones habens videbit que apud *b* posita qualiacunque extiterint et que in ante. 10

## XVII.

In pluribus speculis positis in ordine aliquo possibile est idem idolum videri.

328 Sit quod volumus | per plura specula videri *a*, et quotcunque fuerint specula equilatera multiangula †vel equiangula consistant que *b, g, d, e, z*, quorum medium 15 sit *a* centrum circuli comprehendentis ipsa. et copulentur que *ab, ag, ad, ae, az*, et hiis ad rectos angulos ducantur que *ht, kl, mn, xo, pr*, et in hiis iaceant specula recta ad planum *bgdez*. dico quod visus incidentes speculis reflectuntur ad *a*. incidentes 20 enim facient angulos rectos ad specula, refractiones ergo habebunt ad se ipsos, reflectentur ergo ad *a*.

---

1 et si *AE*: et *O* 2 sit *om. O* 5 utraque *OA*: uterque *O* enim *OA*: eius *E*: *del. R* ita que *O* 9 qualiacunque *OE*: qualicunque *A* 10 in ante *O*: inante *AE* 11 *aliter Euclid. Catoptr. 14 (VII, 308) et Witelo VIII, 67 p. 365 in marg.* 8 *A* 14 vel *OA* (= ἢ *quod depravatum erat ex* καὶ): *om. E* 15 quorum *AE*: cuius *O* 16 ipsa *AE*: ipsam *O* 17 ag, ad *bis A* 18 que *O*: q̇ (= qui) *A*: *om. E* kl *OE*: hkl *A* pr *OE* (r *etiam in codicum figuris exstat*): pt *A* (pr *om. editionis figura*) 22 ad *O*: et *A*: de *E*

seine Augen richtet, die bei *b* stehenden Dinge sehen, welcher Art sie auch sein mögen, und was noch weiter vorwärts liegt.

## XVII.

8. Aufgabe. Der polygone Spiegel. Fig. 90.

Es ist möglich, dafs in mehreren Spiegeln, die
5 in einer bestimmten Ordnung aufgestellt sind, dasselbe Bild gesehen wird.

Der Gegenstand, der in mehreren Spiegeln gesehen werden soll, sei *a* (Fig. 90)[1]. Sämtliche Spiegel, nämlich *b, g, d, e, z*, seien
10 gleichseitig, polygon und gleichwinklig. Ihre Mitte *a* sei Mittelpunkt des um diese Punkte beschriebenen Kreises. Man
15 verbinde *ab*, *ag*, *ad*, *ae* und *az*. Rechtwinklig dazu ziehe man *ht*, *kl*, *mn*, *xo*, *pr*. Darauf seien die Spiegel ge-
20 stellt, vertikal auf die Ebene *bgdez*. Ich behaupte, dafs die auf die Spiegel fallenden Strahlen nach *a* reflektiert werden. Denn sie bilden beim Einfallen mit den Spiegeln rechte Winkel.
25 Sie werden auf sich selbst, also nach *a* reflektiert.

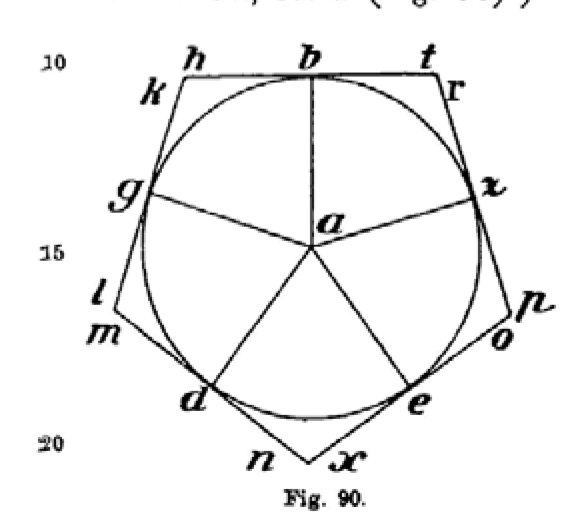


Fig. 90.

## XVIII.

9. Aufgabe. Der Geisterspiegel. Fig. 91 a und b.

Einen Spiegel an einem gegebenen Platze so aufzustellen, dafs jeder Herantretende weder sich selbst noch irgend jemand anders sieht, sondern allein das Bild[2]), das jemand vorher ausgewählt hat.

---

1) Die hsl. Figuren enthalten auch ein inneres Fünfeck *bgdez*. Danach könnte man 356, 15—16 etwa vermuten: ⟨et sit pentagonum⟩ quod *bgdez*, cuius (*sic O*) medium sit . . . comprehendentis ipsum.

2) Imago ist sowohl ein Werk der Plastik als der Malerei.

## XVIII.

Speculum in dato loco ponere, ita ut omnis accedens neque se ipsum neque alium aliquem videat, solam autem imaginem quamcunque quis preelegerit.

Sit enim murus, in quo oportet speculum poni, *ab*, 5 speculum autem sit inclinatum ad ipsum in angulo aliquo. commensurate autem utique habeat, [ac] si

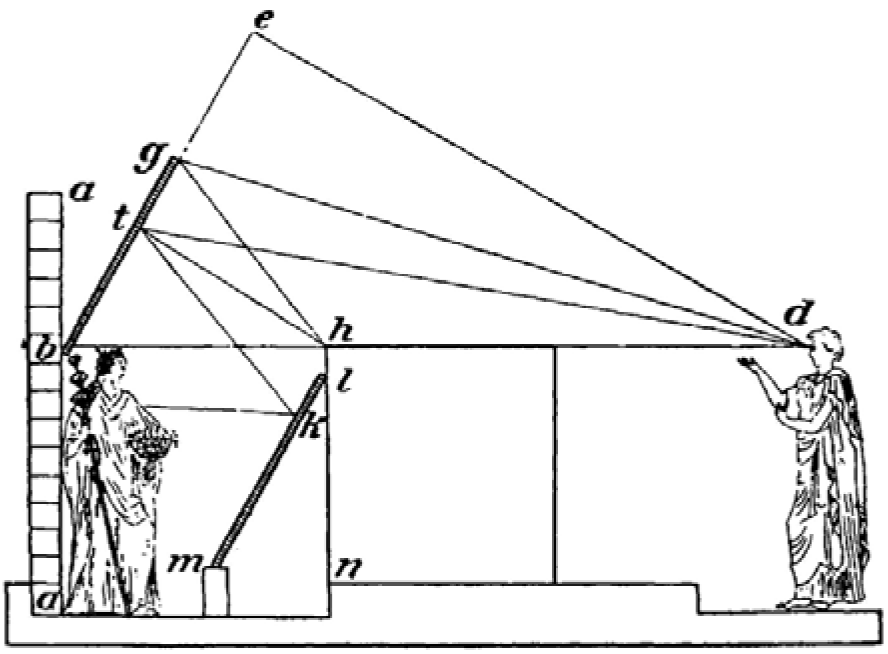



Fig. 91 a.

fieret angulus tertie partis recti; et sit superficies speculi que *bg*, et [*ab*] ipsi *ab* ad rectos angulos intelligatur que *bd*, in qua iaceat signum visus *d*, ita ut perpen- 10 dicularis ab ipso producta ad speculum *bg* extra ipsum

1 *aliter Witelo V, 56 p. 215 sp.* ponere *OA:* pavore *E* 4 quis preelegerit = ἄν τις προέληται? 5 oportet *OA:* oporteret *E:* oporteat *R* 7 ac *O (a·c· A), delevi cum sit*

Es sei *ab* (Fig. 91a) die Mauer, auf welche der Spiegel gestellt werden soll. Der Spiegel sei geneigt gegen dieselbe in irgend einem Winkel. Es dürfte allerdings angemessen sein, wenn der Winkel $\frac{1}{3}$ R ausmachte. Die
5 Spiegelfläche sei *bg*. Rechtwinklig zu *ab* denke man sich *bd*, auf welcher der Augenpunkt *d* liege, so daſs das von ihm nach dem Spiegel *bg* hin gefällte Lot auſserhalb desselben fällt. Es sei aber *ed*. Nach dem Spiegelende *g* selbst ziehe man *dg*, und es sei dem Winkel *egd* der
10 Winkel *bgh* gleich. Wenn also irgend ein Strahl vom Auge *d* auf das (obere) Spiegelende *g* fällt, so wird er nach *h* reflektiert. Man ziehe also von *h* rechtwinklig zu *db* die Linie *hn*. Und noch ein anderer Strahl *dt* falle ein, und *ht* werde verbunden. Nun ist der Winkel *bth* gröſser als
15 der Winkel *etd*. Es dürfte also dem Winkel *gtd* der Winkel *btk* gleich sein. Also schneidet die Linie *tk* die Linie *hn*. Ähnlich schneiden auch alle Strahlen, welche auf den Spiegel treffen und reflektiert werden, *hn*. Man lege also parallel mit dem Spiegel *gb* eine Ebene *lm*,
20 welche innerhalb *hn* liegt und von dem reflektierten Strahle durchschnitten wird. Daher ist offenbar, daſs das Auge nichts anderes sehen wird als was innerhalb *hn* liegt, deswegen weil alle reflektierten Strahlen innerhalb *hn* fallen. Man stelle also ein beliebiges Bild in die Nähe der
25 Ebene (des ebenen Spiegels) *lm*. Und es wird von den (etwa) herzutretenden Personen auch nicht eine einzige (im Spiegel) sichtbar sein, sondern nur das erwähnte Bild. Darum muſs, wie gesagt, *lm* innerhalb *hn* so aufgestellt sein, daſs das genannte Bild zwischen den parallelen,
30 ebenen Spiegeln liegt. Man muſs also in einer (senkrechten) Ebene die gerade Linie *ab* verlängern und einen Winkel *abg* bilden, der $\frac{1}{3}$ R ist, die der Höhe des Spiegels gleiche Linie *bg* errichten, bis *e* verlängern, senkrecht auf *ab* das Lot *bd* errichten und einen Punkt *d*

---

-at *iteratum* *f.* ⟨se,⟩ si 9 a b *del. R* 10 que *OA: om. E*
bd *OE:* ·bg · bd· *A*

cadat. sit autem ⟨*ed*⟩, et [*ad*] ad extremitatem speculi ipsam *g* copuletur que *dg*, et angulo qui sub *egd* equalis consistat qui sub *bgh*. si ergo incidat aliquis radius a *d* visu termino speculi *g*, reflectetur ad *h*. ducatur igitur ab *h* ipsi *db* ad rectos angulos que *hn*. et incidat alius radius qui *dt*, et copuletur que *ht*. maior ergo est angulus qui sub *bth* quam qui sub *etd*. consistat ergo ei qui sub *gtd* equalis qui sub *btk*. secat ergo que *tk* ipsam *hn*. similiter etiam et omnes incidentes speculo radii reflexi secant ipsam *hn*. ducatur igitur ipsi *gb* | speculo planum equidistans quod *lm* iacens intra *hn* et sectum a radio reflexo. quare manifestum est quod nihil aliud videbit oculus nisi quecunque iacent intra *hn*, propterea quod omnes radii reflexi cadunt intra *hn*. quamcunque igitur imaginem voluerimus ponamus apud planum *lm*, et accedentium quidem neque unus apparebit, sola autem dicta imago. quare oportebit, sicut ⟨dictum est⟩, interpositum esse ipsum ⟨*lm* intra⟩ *hn*, ut dicta imago interiaceat †in plano equidistante speculo. oportebit igitur in aliquo plano protrahere rectam ipsam *ab* lineam et constituere angulum qui

---

1 ed *inserui*  ·a·d· *OA:* ·ad· *E:* *del. R*  ipsam *O:* ip^m *A:* ipsum *E*  2 g *scripsi:* e *OAE*  que *O:* q; *A:* *om. E*  egd *O:* edg *AE*  3 bgh *scripsi:* bgd *OAE*  5 ab *O:* ad *AE*  que *OA:* *om. E*  6 que *O:* q̇ (= qui) *A:* *om. E*  7—8 consistat ergo *OE:* constat igitur *A*  9 que tk *O:* *om. AE*  hn *O:* *om. AE*  10 ipsam *O:* *om. AE*  gb *OA:* gh *E*  11 intra *OE:* intor *A*  12 est *om. A*  13 intra *O:* inter *E:* *om. A*  14—15 propterea ... intra hn *om. E*  16 *f.* ⟨speculum⟩ planum  18 dictum est *inserui*  ipsum *OE:* ipsam *A*  lm intra *inserui*  19—20 *f.* in⟨ter⟩ plana equidistantia specula  20 protrahere *O:* [illegible] (= protrahere) *A:* propter habere *E*  21 constituere: *f.* construere

(Text *e*) so wählen, daſs das von diesem auf *eb* gefällte Lot auſserhalb des Spiegels[1]) liegt. Es sei also der Punkt genommen, und zwar sei es *d* (Text *e*), und es werde *ed* rechtwinklig zu *eb* gezogen und *dg* verbunden. Und

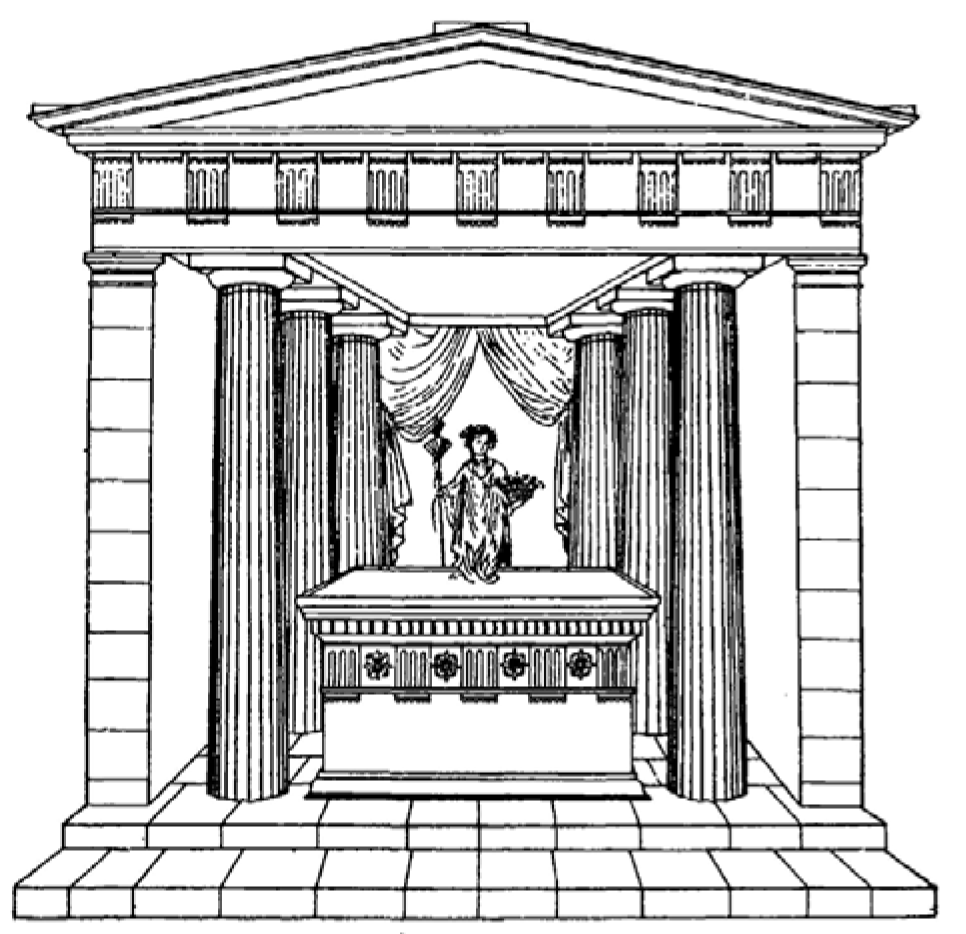


Fig. 91 b.

5 dem Winkel *egd* sei der Winkel *bgh* gleich, und rechtwinklig zu *db* werde *hn* gezogen. Wenn also der Spiegel (*bg*) geneigt ist, wie gesagt, so muſs er (am oberen Ende) von der Mauer entlang der Linie *bg* abstehen, und es

1) Dieses Wort ist nach Vermutung zugesetzt, während der Text nur *m* hat.

sub *abg* existentem tertiam partem recti, et ponere altitudini speculi equalem ipsam *bg*. et educere ad *e* et ipsi *ab* ad rectos angulos producere ipsam *bd* et accipere signum aliquod *e*, ita ut ab *e* ad rectos producta *eb* cadat extra †*m*. sit igitur acceptum, et sit *e*, et ipsi *eb* ad rectos ⟨producatur⟩ que *ed*, et copuletur que *dg*. et angulo qui sub *egd* equalis consistat qui sub *bgh* et ad rectos ipsi *db* ducatur que *hn*. inclinato igitur speculo, ut dictum est, distare oportet a muro per equalem ipsi *bg* et obstructorium rectum stare arcam apertam ex superiori parte altitudinem viri habentem et interponere planum *lm* equidistans speculo in quo dicta ⟨pro⟩ponetur imago. visum autem stare oportet apud *d*, prohibitorio aliquo existente ad non interius cedere. sic enim incidentes speculo radii non excident extra interstitium, sed intra, in quo loco est imago. de ea autem que extra comprehenditur dispositione non adieci admonere. oportet enim unumquodque ornare et disponere, ut utique locus et preparantis electio patiuntur. ipsum tamen speculum in templo aliquo ligneo congruit poni inplens non | totum locum, templum autem ornatum esse adiacente loco, et prominentiis autem imaginem occultatam, ut non palam videatur, habere autem et speculum lumen ex aëre ipsum continente, imaginem autem ex posteriori

---

3 producere *OA*: perducere *E*    4 e *OAE*: *f.* d. *cf. supra p. 358, 10*    e *OAE*: *f.* eo (*cf.* 358, 11 ipso) *vel* d    4—5 *f.* producta ⟨ipsi⟩ eb. *cf. v. 6*    5 eb: q̄ (= que) eb *OA*. *si*

mufs vor dem vertikalen Abschlufs ein Kasten stehen, welcher nur auf der oberen Seite offen ist und Manneshöhe hat. Auch mufs man einen ebenen Spiegel *lm* einsetzen, der demjenigen Spiegel parallel ist, in welchem das erwähnte
5 Bild vorgeführt werden soll. Das Gesicht (des Beobachters) mufs sich aber bei *d* befinden, indem ein Hindernis angebracht ist, dafs man nicht weiter nach innen zu geht. So werden nämlich die in den Spiegel fallenden Strahlen nicht aufserhalb der zwischenliegenden
10 Versenkung, sondern in dieselbe hineinfallen (reflektiert werden), nämlich dahin, wo das Bild ist. Was aber die Ausstattung angeht, die man aufsen antrifft, so habe ich darauf nicht weiter hingewiesen. Denn man mufs jedes Einzelne verzieren und ausstatten, wie es eben die Räumlichkeit
15 und die Auswahl des Veranstalters zuläfst. Den Spiegel *(bg)* selbst jedoch stellt man passenderweise in einem Tempel (Fig. 91b) von Holz auf, doch darf er nicht den ganzen Raum einnehmen. Es erscheint aber angemessen, den Tempel in dem angrenzenden Raume zu verzieren. Durch
20 die vorspringenden Teile aber mufs das Bild verdeckt sein, so dafs man es nicht offen sieht. Das Licht aber mufs der Spiegel aus der ihn umgebenden Luft erhalten, das Bild dagegen hinten durch ein Seitenfenster. Wenn es nämlich im Dunkeln steht, kann man es nicht sehen, da

---

*v. 4 sqq. signum* e *retinendum sit, hoc loco* que e d *proponi potest* m: *f.* ⟨speculu⟩m. *cf. supra v. 358, 11* (ipsum) e *OAE: f.* d 6 producatur *inserui* 7 egd *O:* edg *AE* qui *O:* que *A: om. E* 8 bgh *scripsi:* hgd *O:* gdh *A:* ghd *E* 9 *f.* speculo ⟨quod bg⟩, 10 bg *scripsi:* bh *OAE* *f.* et ⟨apud⟩ obstructorium *OE:* constructorium *A* 11 arcam *OE:* auctam *A* 12 interponere *OE:* intra ponere *A* *f.* ⟨speculum⟩ planum 13 proponetur *scripsi:* ponetur *OAE* 18 adieci *O:* ad loci *A: om. E* admonere *O:* admovere *AE* 20 electio (= προαίρεσις?) *O: om. AE: lacuna 8 litterarum A* 23 prominentiis *O:* prominenciis *A:* quod minentiis *E*

parte fenestra existente ex lateribus. non enim potest videri in tenebris iacens, quoniam neque aliorum aliquid eorum que †iacens in tenebris et sine speculo videtur.

---

2 iacens *O*: utens *AE* 3 eorum et que sine (fine *add. E*) speculo iacens in tenebris *AE*: tr. *O* *f.* iacent 4 Explicit liber ptholomei de speculis. completa fuit eius translatio ultima die decembris anno Christi 1269 *O*: Explicit liber ptholomei de speculis *A*: Explicit secundus et ultimus liber Ptolomei de Speculis. Completa fuit eius translatio ultimo Decembris anno Christi 1269 *E*

man ja auch von jenen anderen Dingen, die da etwa im Dunkeln und ohne Spiegel stehen, nichts sieht.[1])

---

1) Vielleicht ist die in diesem Kapitel beschriebene Vorrichtung auch dazu benutzt worden, um von Stunde zu Stunde Figuren im Spiegel erscheinen zu lassen (s. oben S. 319, 26). Dieselben konnten in entsprechenden Abständen auf der Peripherie einer sich langsam drehenden, vielleicht durch Wasserkraft (vgl. Vitruv IX, 8, 9) in Bewegung gesetzten Welle angebracht werden. — Über antike Geistererscheinungen vgl. Berthelot *Les merveilles de l'Égypte et les savants alexandrins.* Journ. des sav. 1899, S. 245. 246. — Dafs die sog. modernen Geistererscheinungen unter Benutzung grofser Hohlspiegel dargestellt werden, ist bekannt.

Nach der Unterschrift wurde die Übersetzung am 31. Dezember 1269 beendet.

# APPENDICES

EX

# OLYMPIODORO VITRUVIO PLINIO CATONE PSEUDO-EUCLIDE

EXCERPTAS

EDIDIT

GUILELMUS SCHMIDT

# ΚΑΤΟΠΤΡΙΚΑ.

## FRAGMENTUM.

*Ἐπειδὴ γὰρ τοῦτο ὡμολογημένον ἐστὶ παρὰ πᾶσιν, ὅτι οὐδὲν μάτην ἐργάζεται ἡ φύσις οὐδὲ ματαιοπονεῖ, ἐὰν μὴ δώσωμεν πρὸς ἴσας γωνίας γίνεσθαι τὴν ἀνά-* 5 *κλασιν, πρὸς ἀνίσους ματαιοπονεῖ ἡ φύσις, καὶ ἀντὶ τοῦ διὰ βραχείας περιόδου φθάσαι τὸ ὁρώμενον τὴν ὄψιν, διὰ μακρᾶς περιόδου τοῦτο φανήσεται καταλαμβάνουσα. εὑρεθήσονται γὰρ αἱ τὰς ἀνίσους γωνίας περιέχουσαι εὐθεῖαι, αἵτινες ἀπὸ τῆς ὄψεως [περι-* 10 *έχουσαι] †φερομένας πρὸς τὸ κάτοπτρον κἀκεῖθεν πρὸς τὸ ὁρώμενον, μείζονες οὖσαι τῶν τὰς ἴσας γωνίας περιεχουσῶν εὐθειῶν. καὶ ὅτι τοῦτο ἀληθές, δῆλον ἐντεῦθεν.*

*Ὑποκείσθω γὰρ τὸ κάτοπτρον εὐθεῖά τις ἡ ΑΒ,* 15 *καὶ ἔστω τὸ μὲν ὁρῶν Γ, τὸ δ' ὁρώμενον τὸ Δ, τὸ δὲ Ε σημεῖον τοῦ κατόπτρου, ἐν ᾧ προσπίπτουσα ἡ ὄψις ἀνακλᾶται πρὸς τὸ ὁρώμενον, ἔστω, καὶ ἐπεζεύχθω*

---

Exstat apud Olympiod. in Meteor. III, 2 ed. Stüve (Comm. Arist. XII, 2, 212, 5—213, 20), ed. Ideler II, 96   4 *ματαιοπονεῖ* Ald. Id.: *ματαιοποιεῖ* R. Schoene   5 *δώσομεν* Ald., corr. R. Schoene. de aoristi forma cf. Veitch *Greek verbs* p. 169   8—9 *καταλαμβάνουσα* del. Ideler   10 *περιέχουσαι* del. R. Schoene   11 *φερομένας* Ald. Id.: *φέρονται* R. Schoene: f. ⟨*εἰσι*⟩ *φερόμεναι*   *πρὸς* (bis) R. Schoene: *περὶ* codd. et Aldina   16 [*τὸ*] Δ Ideler

# KATOPTRIK.

## FRAGMENT.[1])

Da dies bei allen ausgemacht ist, daſs die Natur nichts vergeblich thut noch sich abmüht, so müht sich die Natur, 5 wenn wir nicht zugeben, daſs die Reflexion unter gleichen Winkeln stattfindet, bei ungleichen vergeblich ab, und statt daſs der Strahl auf kurzem Wege das Sehobjekt trifft, erfaſst er es offenbar auf langem Umwege. Denn man wird finden, daſs die die ungleichen Winkel ein- 10 schlieſsenden Geraden, welche vom Auge auf den Spiegel fallen und von da zum sichtbaren Gegenstande, gröſser sind als die die gleichen Winkel einschlieſsenden Geraden. Und daſs dem so ist, ist aus folgendem offenbar.

4. Satz. Fig. 92.

Man stelle sich eine Gerade $\alpha\beta$ (Fig. 92)[2]) als den 15 Spiegel vor, und $\gamma$ sei das Sehende, $\delta$ aber das Gesehene. Der Punkt des Spiegels aber, auf welchen der Sehstrahl fällt und von dem er nach dem Sehobjekt reflektiert wird, sei $\varepsilon$. Und man verbinde $\gamma\varepsilon$, $\varepsilon\delta$. Ich behaupte, daſs $\angle \alpha\varepsilon\gamma = \angle \delta\varepsilon\beta$. Wenn er nicht gleich ist, so gebe es einen andern Punkt 20 des Spiegels, in welchen der Strahl fällt und in dem er unter ungleichen Winkeln reflektiert wird, nämlich $\zeta$. Und man verbinde $\gamma\zeta$, $\zeta\delta$. Offenbar ist $\angle \gamma\zeta\alpha > \delta\zeta\varepsilon$. Ich behaupte, daſs die Linien $\gamma\zeta + \zeta\delta$, welche ungleiche

1) Man beachte, daſs Olympiodor, der im 6. Jh. n. Chr. lebte, den Heronischen Beweis überarbeitet hat.

2) Die von uns gegebene Figur ist die der Aldina (1551). Davon weicht die des Coislinianus ab, der unten und oben sowie die Lage der gleichen und ungleichen Winkel vertauscht hat. S. Stüve a. a. O. S. 212.

ἡ ΓΕ, ΕΔ. λέγω ὅτι ἡ ὑπὸ ΑΕΓ γωνία ἴση ἐστὶ τῇ ὑπὸ
ΔΕΒ. εἰ γὰρ μὴ ἔστιν ἴση, ἔστω ἕτερον σημεῖον τοῦ
κατόπτρου, ἐν ᾧ προσπίπτουσα ἡ ὄψις πρὸς ἀνίσους
γωνίας ἀνακλᾶται, τὸ Ζ, καὶ ἐπεζεύχθω ἡ ΓΖ, ΖΔ.
δῆλον ὅτι ἡ ὑπὸ ΓΖΑ γωνία μείζων ἐστὶ τῆς ὑπὸ 5
ΔΖΕ γωνίας. λέγω ὅτι αἱ ΓΖ, ΖΔ εὐθεῖαι, αἵτινες τὰς
ἀνίσους γωνίας περιέχουσιν ὑποκειμένης τῆς ΑΒ εὐ-
θείας, μείζονές εἰσι τῶν ΓΕ, ΕΔ εὐθειῶν, αἵτινες τὰς
ἴσας γωνίας περιέχουσι μετὰ τῆς ΑΒ. ἤχθω γὰρ κά-
θετος ἀπὸ τοῦ Δ ἐπὶ τὴν ΑΒ κατὰ τὸ Η σημεῖον 10
213 | καὶ ἐκβεβλήσθω ἐπ' εὐθείας ὡς ἐπὶ τὸ Θ. φανερὸν
δὴ ὅτι αἱ πρὸς τῷ Η γωνίαι ἴσαι εἰσίν. ὀρθαὶ γάρ
εἰσι. καὶ ἔστω ἡ ΔΗ τῇ ΗΘ ἴση, καὶ ἐπεζεύχθω ἡ
ΘΖ καὶ ἡ ΘΕ. αὕτη μὲν ἡ κατασκευή. ἐπεὶ οὖν ἴση
ἐστὶν ἡ ΔΗ τῇ ΗΘ, ἀλλὰ καὶ ἡ ὑπὸ ΔΗΕ γωνία 15
τῇ ὑπὸ ΘΗΕ γωνίᾳ ἴση ἐστί, κοινὴ δὲ πλευρὰ τῶν
δύο τριγώνων ἡ ΗΕ, καὶ βάσις ἡ ΘΕ βάσει τῇ ΕΔ
ἴση ἐστί, καὶ τὸ ΗΘΕ τρίγωνον τῷ ΔΗΕ τριγώνῳ
ἴσον ἐστί, καὶ ⟨αἱ⟩ λοιπαὶ γωνίαι ταῖς λοιπαῖς γωνίαις
εἰσὶν ἴσαι, ὑφ' ἃς αἱ ἴσαι πλευραὶ ὑποτείνουσιν. ἴση 20
ἄρα ἡ ΘΕ τῇ ΕΔ. πάλιν ἐπειδὴ τῇ ΗΘ ἴση ἐστὶν
ἡ ΗΔ καὶ γωνία ἡ ὑπὸ ΔΗΖ γωνίᾳ τῇ ὑπὸ ΘΗΖ
ἴση ἐστί, κοινὴ δὲ ἡ ΗΖ τῶν δύο τριγώνων τῶν ΔΗΖ
καὶ ΘΗΖ, καὶ βάσις ἄρα ἡ ΘΖ βάσει τῇ ΖΔ ἴση
ἐστί, καὶ τὸ ΖΗΔ τρίγωνον τῷ ΘΗΖ τριγώνῳ ἴσον 25
ἐστίν. ἴση ἄρα ἐστὶν ἡ ΘΖ τῇ ΖΔ. καὶ ἐπεὶ ἴση

1 ΑΕΓ Aldina: $\overline{δεα}$ V (= Coislin.), qui etiam aliis locis in angulorum litteris et in figura a codice Vaticano et ed. Aldina dissentit. vid. Stüve 2 εἰ ... ἴση suspecta, f. del. 3—4 ἀνίσους γωνίας scripsi: ἄνισον γωνίαν codd. ed. 6 ΔΖΕ G (= Vatic.): δεζ Ald.: γεζ Ideler perverse 12 τῷ VG: τὸ Ald. 15 $\overline{δηε}$ G: δηθ V Ald. 17 f. βάσις ⟨ἄρα⟩

Winkel mit $\alpha\beta$ bilden, größer sind als die Linien $\gamma\varepsilon + \varepsilon\delta$, welche mit $\alpha\beta$ gleiche Winkel bilden. Man fälle von $\delta$ auf $\alpha\beta$ das Lot nach dem Punkte $\eta$ und verlängere es in gerader Richtung bis $\vartheta$. Nun sind bekanntlich die
5 Winkel bei $\eta$ gleich, denn es sind Rechte. Und es sei $\delta\eta = \eta\vartheta$, und man verbinde $\vartheta\zeta$ und $\vartheta\varepsilon$. Das ist die

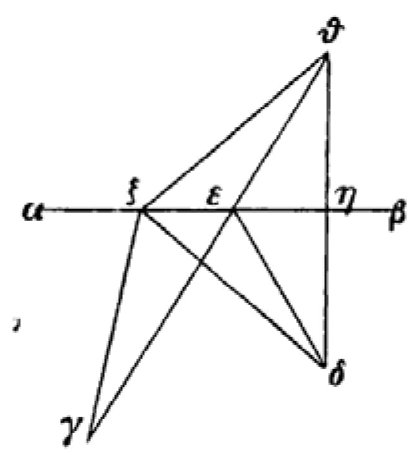



Fig. 92.

Konstruktion. Da nun $\delta\eta = \eta\vartheta$, aber auch $\angle\, \delta\eta\varepsilon = \vartheta\eta\varepsilon$, $\eta\varepsilon$ aber gemeinsame Seite der zwei Dreiecke ist, so ist auch die Grundlinie $\vartheta\varepsilon = \varepsilon\delta$ und $\triangle\, \eta\vartheta\varepsilon \cong \delta\eta\varepsilon$. Und
10 es sind die übrigen Winkel (des einen Dreiecks) den übrigen Winkeln (des andern) gleich, welchen die gleichen Seiten gegenüberliegen. Also (wie gesagt) $\vartheta\varepsilon = \varepsilon\delta$. Da nun wiederum $\eta\delta = \eta\vartheta$ und $\angle\, \delta\eta\zeta = \vartheta\eta\zeta$, $\eta\zeta$ aber gemeinsame Seite der beiden Dreiecke $\delta\eta\zeta$ und $\vartheta\eta\zeta$ ist, so
15 ist also auch die Grundlinie $\vartheta\zeta$ der Grundlinie $\zeta\delta$ gleich und $\triangle\, \zeta\eta\delta \cong \vartheta\eta\zeta$. Also $\vartheta\zeta = \zeta\delta$. Und da $\vartheta\varepsilon = \varepsilon\delta$, so werde auf beiden Seiten $\varepsilon\gamma$ hinzugefügt. Also die beiden Linien $\gamma\varepsilon + \varepsilon\delta$ sind den beiden Linien $\gamma\varepsilon + \varepsilon\vartheta$ gleich. Also die ganze Linie $\gamma\vartheta$ ist den beiden Linien

---

19 $\alpha\acute{\iota}$ inserui 22 $\Delta HZ$ $G_2$: $\overline{\delta\eta\varepsilon}$ VG Ald. $\Theta HZ$ $G_2$: $\overline{\vartheta\eta\varepsilon}$ VG Ald. 23 $HZ$ $V_2$: $\zeta$ $V_1$ G Ald.: $\overline{\zeta\eta}$ Ideler

*ἐστὶν ἡ ΘΕ τῇ ΕΔ, κοινὴ προσκείσθω ἡ ΕΓ. δύο ἄρα αἱ ΓΕ, ΕΔ δυσὶ ταῖς ΓΕ, ΕΘ ἴσαι εἰσίν. ὅλη ἄρα ἡ ΓΘ δυσὶ ταῖς ΓΕ, ΕΔ ἴση ἐστί. καὶ ἐπεὶ παντὸς τριγώνου αἱ δύο πλευραὶ τῆς λοιπῆς μείζονές εἰσι πάντῃ μεταλαμβανόμεναι, τριγώνου ἄρα τοῦ ΘΖΓ αἱ δύο πλευραὶ αἱ ΘΖ, ΖΓ μιᾶς τῆς ΓΘ μείζονές εἰσιν. ἀλλ' ἡ ΓΘ ἴση ἐστὶ ταῖς ΓΕ, ΕΔ. αἱ ΘΖ, ΖΓ ἄρα μείζονές εἰσι τῶν ΓΕ, ΕΔ. ἀλλ' ἡ ΘΖ τῇ ΖΔ ἐστὶν ἴση. αἱ ΖΓ, ΖΔ ἄρα τῶν ΓΕ, ΕΔ μείζονές εἰσι. καί εἰσιν αἱ ΓΖ, ΖΔ αἱ τὰς ἀνίσους γωνίας περιέχουσαι· αἱ ἄρα τὰς ἀνίσους γωνίας περιέχουσαι μείζονές εἰσι τῶν τὰς ἴσας γωνίας περιεχουσῶν.*

---

5 $\overline{\vartheta\zeta\gamma}$ Ald.: $\overline{\vartheta\gamma\zeta}$ V: $\overline{\vartheta\gamma\eta}$ G   7 $\overline{\gamma\varepsilon}$ $\overline{\varepsilon\delta}$ Ald.: $\overline{\gamma\varepsilon}$ $\overline{\varepsilon\vartheta}$ VG

---

$\gamma\varepsilon + \varepsilon\delta$ gleich. Und da zwei Seiten jedes Dreiecks nach jeder (möglichen) Richtung zusammengenommen gröſser sind als die dritte, so sind also vom Dreiecke $\vartheta\zeta\gamma$ die beiden Seiten $\vartheta\zeta + \zeta\gamma$ gröſser als $\gamma\vartheta$ allein. $\gamma\vartheta$ ist
5 aber $= \gamma\varepsilon + \varepsilon\delta$. Also $\vartheta\zeta + \zeta\gamma > \gamma\varepsilon + \varepsilon\delta$. Nun ist aber $\vartheta\zeta = \zeta\delta$. Also $\zeta\gamma + \zeta\delta > \gamma\varepsilon + \varepsilon\delta$. Und $\gamma\zeta$ und $\zeta\delta$ sind diejenigen Seiten, welche die ungleichen Winkel einschlieſsen. Also sind die Seiten, welche die ungleichen Winkel einschlieſsen, gröſser als die, welche die gleichen
10 Winkel einschlieſsen.

# VITRUVII DE ARCHITECTURA.

## X, 1, 1—3.

240[27] Rose[2] Machina est continens e materia coniunctio maximas ad onerum motus habens virtutes. ea movetur ex arte circulorum rotundationibus, quam Graeci *κυκλικὴν κίνησιν* appellant. est autem unum genus scansorium quod graece *ἀκροβατικὸν* dicitur, alterum spi-
241 rabile quod apud eos | *πνευματικὸν* appellatur, tertium tractorium, id autem Graeci *βαρουλκὸν* vocitant. scansorium autem ⟨est, cum⟩ machinae ita fuerunt conlocatae, ut ad altitudinem tignis statutis et transversariis conligatis sine periculo scandatur ad apparatus spectationem. at spirabile, cum spiritus est expressionibus inpulsus ut plagae vocesque *ὀργανικῶς* exprimantur.
2 tractorium vero, cum onera machinis pertrahuntur, ut ad altitudinem sublata conlocentur. scansoria ratio non arte, sed audacia gloriatur. ea catenationibus et transversariis et plexis conligationibus et erismatorum fulturis continetur. quae autem spiritus potestate adsumit ingressus, elegantes artis subtilitatibus consequetur effectus. tractoria autem maiores et magnificentia plenas habet ad utilitatem opportunitates et in
3 agendo cum prudentia summas virtutes. ex his sunt quae *μηχανικῶς*, alia *ὀργανικῶς* moventur. inter machinas et organa id videtur esse discrimen, quod ma-

# VITRUVS BAUKUNST.

## X, 1, 1—3.

Die Maschine und ihre Arten.

Eine Maschine[1]) ist eine zusammenhängende Verbindung aus Holz, welche bei der Bewegung (Hebung)
5 von Lasten sehr grofse Vorzüge hat. Sie wird künstlich durch Drehung von Kreisen (Wellen) in Betrieb gesetzt, was die Griechen Kyklikė Kínesis (Kreisdrehung) nennen. Es giebt aber eine griechisch Akrobatikón[2]) genannte Art, welche zum Steigen dient, zweitens das Luftdruck-
10 werk, welches bei ihnen (den Griechen) Pneumatikón heifst, drittens die Hebewinde; die Griechen nennen sie aber Barulkós (Gewichtzieher).[3]) Eine Steigvorrichtung aber ist es, wenn die Maschinen so aufgestellt sind, dafs man Balken aufrecht hinstellt, durch Querhölzer verbindet und
15 ungefährdet hinaufsteigt, um die Vorbereitungen (der Feinde) in Augenschein zu nehmen; ein Druckwerk aber,

---

1) Über die Bedeutung dieses Wortes vgl. H. Holzer *Was heifst Maschine oder was ist des Wortes Urbedeutung.* Civilingenieur 1887 S. 126 ff. Eine übersichtliche Zusammenstellung der Definitionen von Maschine giebt F. Reuleaux *Theoretische Kinematik.* I. Braunschweig 1875 S. 592—594. Ebenda S. 273—279 über die mechanischen Potenzen und S. 195 ff. die Entwicklungsgeschichte der Maschine.

2) Akrobatikón ist was sich bis zum Gipfel besteigen läfst. Obwohl Vitruv X, prooem. 3 von Bauten, 'quae scaenicis moribus per machinationem ad spectationes populo comparantur', spricht, so kann doch m. E. mit dem ἀκροβατικόν kein 'Sitzstufenbau' (Reber) gemeint sein, weil Vitruv im Verlaufe des 10. Buches nicht auf die Volksbelustigungen zurückkommt, wohl aber X, 13, 3 auf eine 'ascendens machina' u. ä. Belagerungsvorrichtungen.

3) S. Heron oben S. 256.

chinae pluribus operis ac vi maiore coguntur effectus habere, uti ballistae torculariorumque prela. organa autem unius operae prudenti tactu perficiunt quod est propositum, uti scorpionis seu anisocyclorum versationes. ergo et organa et machinarum ratio ad usum sunt 5 necessaria, sine quibus nulla res potest esse non inpedita.

## X, 2, 1—3.

243[a] Primumque instituemus de is quae aedibus sacris ad operumque publicorum perfectionem necessitate 10 comparantur, quae fiunt ita.

Tigna duo ad onerum magnitudinem ratione expediuntur. a capite ea fibula coniuncta et in imo divaricata eriguntur, funibus in capitibus conlocatis et circa dispositis erecta retinentur. alligatur in summo troclea, 15 quem etiam nonnulli rechamum dicunt. in trocleam induntur orbiculi ⟨II⟩ per axiculos versationes habentes. per orbiculum ⟨summum⟩ traicitur ductarius funis, deinde demittitur et traducitur circa orbiculum trocleae inferioris. refertur autem ad orbiculum imum trocleae 20 superioris et ita descendit ad inferiorem et in foramine eius religatur. altera pars funis refertur inter imas **2** machinae partes. in quadris autem tignorum posterioribus, quo loci sunt divaricata, figuntur chelonia, in quae coiciuntur sucularum capita ut faciliter axes ver- 25 sentur. eae suculae proxime capita habent foramina bina ita temperata, ut vectes in ea convenire possint.

---

4 anisocyclorum *Iocundus*: latinis osciclorum *G(udianus 69 s. XI) H(arleianus 2767 s. IX)* 9 instituemus *sc. explicare*

wenn die Luft durch Druck (in Pfeifen u. dgl.) hineingepreſst wird, damit Tonschwingungen[1]) auf mechanischem Wege hervorgerufen werden; eine Hebevorrichtung, wenn **2** Lasten von Maschinen hingeschleppt werden, um emporgehoben und an Ort und Stelle gebracht zu werden. Der Bau von Steigvorrichtungen rühmt sich nicht der Kunst, sondern der Kühnheit. Derselbe wird durch Diagonalverstrebungen (?), Querbalken, Verkämmungen und Strebestützen zusammengehalten. Das Instrument, welches durch die Kraft der (komprimierten) Luft den Antrieb erhält, erzielt seine schönen künstlerischen Wirkungen durch die feinen Konstruktionen. Die Hebemaschine hat aber gröſsere und prächtigere praktische Vorteile und, wenn man mit Klugheit verfährt, die höchsten Vorzüge. Von diesen werden die einen **3** als Maschinen, andere als Instrumente in Betrieb gesetzt. Der Unterschied zwischen Maschinen und Instrumenten ist wohl der, daſs die Maschinen ihre Wirkung durch mehrere Arbeiter und überhaupt durch eine gröſsere Kraft erstreben müssen, wie die Ballisten[2]) und die Kelterpressen. Die Instrumente dagegen erreichen ihren Zweck durch die kundige Handhabung eines einzigen Mannes, wie die Umdrehung (der Kurbel) der Skorpione[3]) und Anisokyklen.[4]) Es ist daher der Instrumenten- und Maschinenbau für die Praxis notwendig, denn ohne dieselben ist alles mit Schwierigkeiten verbunden.

### X, 2, 1—3.

Der Kran mit 2 Masten. Fig. 93.

Zunächst wollen wir diejenigen Vorrichtungen erläutern, welche notgedrungen für geweihte Tempel und die Ausführung öffentlicher Bauten beschafft werden. Diese Vorrichtungen werden folgendermaſsen getroffen.

1) Plaga hier = πληγή Schwingung, nicht Schlag.

2) Geschütze zum Schleudern von Steinen unter einem Elevationswinkel von 45°.

3) Wurfmaschinen zum Schleudern spitzer Pfeile.

4) Räderwerke aus mehreren Wellen von ungleichem Radius.

ad rechamum autem imum ferrei forfices religantur, quorum dentes in saxa forata accommodantur. cum autem funis habet caput ad suculam religatum et vectes

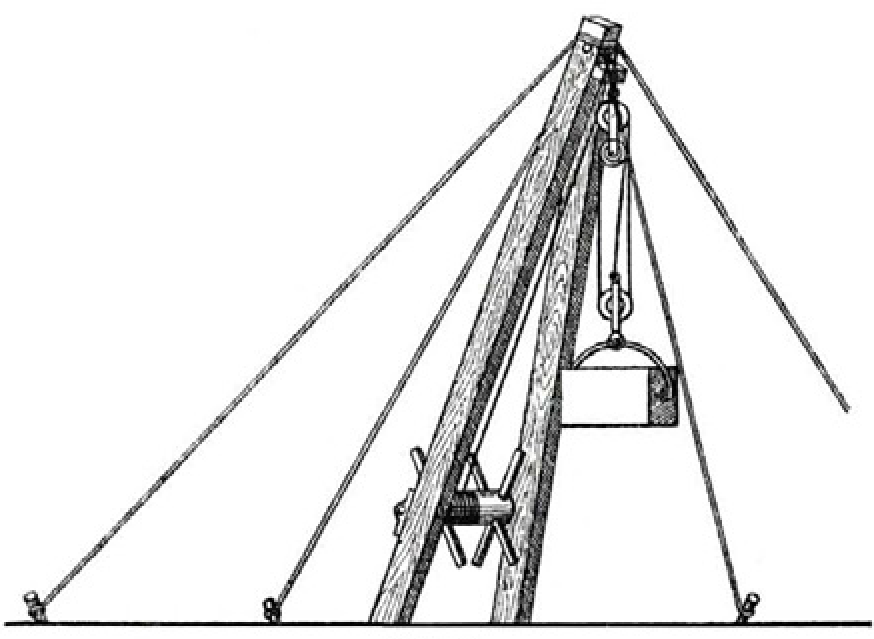


Fig. 93.

ducentes eam versant, funis se involvendo circum suculam extenditur et ita sublevat onera ad altitudinem et 5
3 operum conlocationes. haec autem ratio machinationis quod per tres orbiculos circumvolvitur, trispastos appellatur. cum vero in ima troclea duo orbiculi, in superiore tres versantur, id pentaspaston dicitur.

## X, 2, 8—10. 10

245[14] Est autem aliud genus machinae satis artificiosum et ad usum celeritatis expeditum, sed in eo dare operam non possunt nisi periti.

Est enim tignum quod erigitur et distinetur reti-

Man setzt entsprechend der Gröſse der Lasten in gehöriger Weise zwei Balken (Rüstbäume, Masten) in Bereitschaft. Dieselben werden am Kopfende durch einen Bolzen verbunden, unten auseinandergespreizt und so auf-
5 gerichtet (Fig. 93).[1]) Darauf werden sie durch Seile, welche um die Köpfe gelegt und rings gehörig verteilt sind, festgehalten. An das oberste Ende wird ein Kloben[2]) gebunden, den einige auch die Schere oder Flasche[3]) nennen. In den Kloben werden zwei Rollen gesetzt,
10 welche sich um kleine Achsen drehen. Über die oberste Rolle wird das Zugseil geführt, darauf nach unten gezogen, um die Rolle des unteren Klobens gelegt und zur untersten Rolle der oberen Schere zurückgeleitet, und so kommt es wieder zur unteren Flasche und wird an deren
15 Ringe festgebunden. Das andere Ende des Seiles wird mitten in den Zwischenraum zwischen den beiden Masten der Maschine geleitet. Auf der Rückseite der vierkantig **2** geformten Masten werden an einer Stelle, wo sie (genügend) auseinandergespreizt sind, Zapfenlager angeheftet,
20 in welche die Haspelenden gesteckt werden, damit die Achsen sich leicht drehen lassen. Dieser Haspel hat ganz dicht an jedem Ende zwei Löcher, welche derart beschaffen sind, daſs sich Hebel (Handspeichen) in dieselben hineinstecken lassen. Unten an die Schere wird eine eiserne
25 Zange gebunden, deren Kneipen in die Löcher der Steine fassen. Wenn aber das Seilende an den Haspel gebunden ist und man ihn durch einen Druck auf die Speichen umdreht, so wird das Seil dadurch, daſs es sich um den Haspel wickelt, gespannt und hebt so die Lasten in die
30 Höhe und an die richtige Stelle der Bauwerke. Diese Art **3** und Weise der Maschine, nämlich daſs sie (d. h. das Zug-

---

1) Fig. 93—94 sind Th. Becks *Historischen Notizen:* II Marcus Vitruvius Pollio im *Civilingenieur* 1886 Taf. XXXII, Fig. 1 und 4 entnommen.

2) Heron nennt ihn Manganon. S. oben S. 280, 5.

3) Die Ableitung des entsprechenden lateinischen Wortes *rechamus* ist uns unbekannt.

naculis quadrifariam. sub retinaculis chelonia duo figuntur, troclea funibus supra chelonia religatur, sub troclea regula longa circiter pedes duos, lata digitos sex, crassa quattuor supponitur. trocleae ternos ordines orbiculorum in latitudine habentes conlocantur. ita tres 5

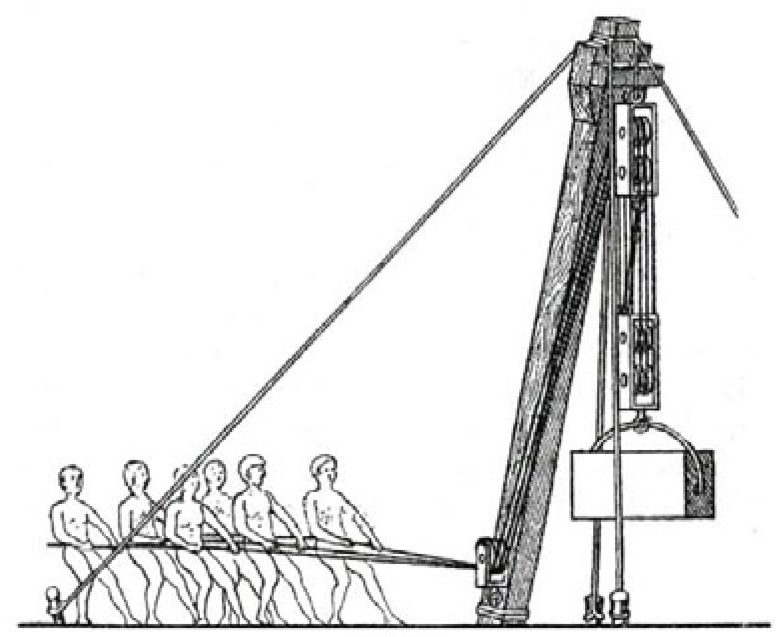


Fig. 94.

ductarii funes in ⟨summa⟩ machina religantur. deinde referuntur ad imam trocleam et traiciuntur ex interiore parte per eius orbiculos summos. deinde referuntur | 246 ad superiorem trocleam et traiciuntur ab exteriore parte 9 in interiorem per orbiculos imos. cum descenderint 10

1) S. oben Heron S. 204. 296.

2) Solche Widerlager sind z. B. auf der Hebemaschine in einem Relief des lateranischen Museums erkennbar. S. Schreiber *Kulturhistorischer Bilderatlas*. I. Das Altertum Taf. IX. Zu dem Worte χελώνιον vgl. Belop. 77, 11 We. und oben S. XL. 376, 24.

3) Man denke sich in Fig. 94 oben und unten noch eine dritte Reihe Rollen in den Flaschen.

seil) mit Hilfe von drei Rollen sich umwickelt, nennt man Trispastos (Dreizug, Flaschenzug mit drei Rollen). Wenn sich aber in der unteren Flasche zwei Rollen, in der oberen drei drehen, so heifst sie Pentáspaston (Fünfzug, 5 Flaschenzug mit fünf Rollen).

## X, 2, 8—10.

Der Drehkran mit einem Maste. Fig. 94.

Es giebt noch eine andere, ziemlich kunstvolle Art des Kranes, die beim Gebrauche auch mit Schnelligkeit arbeitet; aber nur Kundige können sich 10 damit befassen.

Es ist das nämlich nur ein Mast[1]), der aufgerichtet und nach vier Seiten hin von Seilen festgehalten wird (Fig. 94). Unter den Halteseilen werden zwei Widerlager[2]) (Backen) befestigt, der Kloben wird oberhalb der 15 Widerlager angebunden und unter die Flasche wird eine etwa zwei Fufs lange, sechs Finger breite, vier Finger dicke Leiste gelegt. Die Scheren werden so hergerichtet, dafs sie drei[3]) Reihen von Rollen in der Breite (neben einander) enthalten. So werden drei Zugseile oben an (dem unteren 20 Haken der oberen Flasche an) der Maschine festgebunden. Darauf werden sie nach der unteren Schere geleitet und von innen über die obersten Rollen derselben geführt. Dann werden sie zur oberen Flasche zurückgeleitet und von der äufseren Seite nach der inneren über die untersten 25 Rollen gezogen. Wenn die Seile (wieder) nach unten ge- 9 kommen sind, werden sie von innen über die zweiten Rollen nach aufsen geführt und nach oben zu den zweiten Rollen geleitet; hindurchgezogen gehen sie wieder nach unten, werden von unten nach dem oberen Ende geführt 30 und gehen darauf um die obersten Rollen geschlungen nach dem untersten Teile des Mastes. Am Fufse der Maschine wird eine dritte Flasche angebracht. Die Griechen nennen sie Epágon (Führungsflasche), wir Artémon (Leitkloben). Diese Flasche wird am Fufse des 35 Mastes befestigt und enthält drei Rollen, über welche

ad imum, ex interiore parte et per secundos orbiculos traducuntur in extremum et referuntur in summum ad orbiculos secundos, traiecti redeunt ad imum, ex imo referuntur ad caput, traiecti per summos redeunt ad machinam imam. in radice autem machinae conlocatur 5 tertia troclea. eam autem Graeci ἐπάγοντα, nostri artemonem appellant. ea troclea religatur ad machinae radicem habens orbiculos tres, per quos traiecti funes traduntur hominibus ad ducendum. ita tres ordines hominum ducentes sine ergata celeriter onus ad sum- 10
**10** mum perducunt. hoc genus machinae polyspaston appellatur, quod multis orbiculorum circumitionibus et facilitatem summam praestat et celeritatem. una autem statutio tigni hanc habet utilitatem, quod ante quantum velit et dextra ac sinistra ab latere proclinando 15 onus deponere potest.

## X, 3, 1—5.

249[1] De tractoriis rationibus quae necessaria putavi breviter exposui. quarum motus et virtutis duae res diversae et inter se dissimiles congruentes uti principia 20 pariunt eos perfectus, una porrecti, quam Graeci εὐθεῖαν vocitant, altera rotunditatis, quam Graeci κυκλωτὴν appellant, sed vere neque sine rotunditate motus porrecti nec sine porrecto rotationis versationes onerum possunt facere levationes. id autem ut intellegatur 25
**2** exponam. inducuntur uti centra axiculi in orbiculos

13 *f.* unius

1) Polyspaston heiſst Vielzug d. h. Flaschenzug mit vielen Rollen.

die Seile geleitet und den Leuten zum Ziehen in die Hand gegeben werden. Wenn so drei Reihen von Leuten ohne Erdwinde oder Göpel ziehen, so heben sie die Last schnell in die Höhe. Diese Art von Maschine heifst **10**
5 Polýspaston[1]), weil sie infolge der vielen Umläufe der Rollen sowohl eine sehr grofse Leichtigkeit als Schnelligkeit gewährleistet. Die Aufrichtung nur eines einzigen Baumes bietet den Vorteil, dafs die Maschine die Last abladen kann, indem sie vorher den Mast beliebig seit-
10 wärts nach rechts und links neigt.

X, 3, 1—5.

**Zusammensetzung der geradlinigen und der Kreisbewegung.**

Über die Zugmaschinen habe ich kurz angeführt, was ich für nötig erachtete. Zwei verschiedene und unter einander unähnliche Dinge erzeugen durch ihr
15 Zusammenwirken gleichsam als die Elemente der Bewegung und der Kraft der Zugmaschinen diese Wirkungen, erstens die gestreckte Linie, welche die Griechen Eutheía (die Gerade) nennen, zweitens die Kurve, welche die Griechen Kyklotė́ (Kreislinie) nennen, aber in Wirklichkeit können
20 weder gestreckte (geradlinige) Bewegungen ohne rotierende noch rotierende Bewegungen ohne die geradlinige Lasten heben. Das will ich, damit man es (besser) versteht, er- **2** läutern. Man steckt als Centren zwei kleine Achsen (Bolzen) in Rollen und setzt die Achsen in die Scheren.
25 Um diese Rollen wird ein Seil gewickelt, in gerader Richtung gezogen und am Haspel angebracht. Dieses bewirkt infolge Drehens der Handspeichen das Aufsteigen der Lasten. Die Zapfen dieses Haspels ruhen wie Centren gestreckt in den Zapfenlagern, und die Handspeichen,
30 welche in den Bohrungen des Haspels stecken, bewirken durch Drehung das Emporheben der Lasten, indem ihre Enden kreisförmig nach Art der Zirkelschnur der Drechsler umgedreht werden. So wird auch unter den eisernen

**Der Hebel.**

Hebel (Stange), wenn er an eine Last gelegt ist, die eine
35 Menge von Händen nicht bewegen kann, als Dreh- und Druckpunkt eine in gerader Linie liegende Unterlage gelegt, welche

et in trocleis conlocantur, per quos orbiculos funis circumactus directis ductionibus et in sucula conlocatus vectium versationibus onerum facit egressus in altum. cuius suculae cardines uti centra porrecti in cheloniis, foraminibusque eius vectes conclusi capitibus ad circi- 5 num circumactis torni ratione versando faciunt onerum elationes. quemadmodum etiam ferreus vectis cum est admotus ad onus, quod manuum multitudo non potest movere, supposita uti centro porrecta pressione, quod Graeci *ὑπομόχλιον* appellant, et lingua sub onus sub- 10 dita, caput eius unius hominis viribus pressum id onus
3 extollit. ideo autem quod brevior pars prior vectis ab ea pressione quod est centrum subit sub onus, quod longius ab eo centro distans caput eius deducitur, per id faciundo motus circinationis cogit pressionibus exa- 15 minari paucis manibus oneris maximi pondus. item
250 si sub | onus vectis ferrei lingula subiecta fuerit neque eius caput pressione in imum sed adversus in altitudinem extolletur, lingula fulta in areae solo habebit eam pro onere, oneris autem ipsius angulum pro pres- 20 sione: ita non tam faciliter quam per oppressionem sed adversus nihilominus id pondus oneris erit excitatum. igitur si plus lingula vectis supra hypomochlion posita sub onus subierit et caput eius propius centrum pressiones habuerit, non poterit onus elevare, 25 nisi, quemadmodum supra scriptum est, examinatio vectis longitudinis per capitis deductiones fuerit facta.

4 Id autem ex trutinis, quae staterae dicuntur, licet considerare. cum enim ansa propius caput unde lan-

---

1) D. h. wenn das untere Ende länger wird.

die Griechen Hypomóchlion (Hebelunterlage) nennen, und indem die Zunge (der Lastarm) unter die Last geschoben wird, wird der Kopf (der Kraftarm) des Hebels durch die Kräfte eines einzigen Mannes niedergedrückt und hebt die
5 Last. Weil aber der vordere kürzere Teil des Hebels auf **3** Seite der Unterlage, welche den Dreh- und Druckpunkt bildet, sich unter die Last schiebt und das weiter von diesem Punkte entfernte Kopfende nach unten gedrückt wird, so macht der Hebel infolgedessen Kreisbewegungen und nötigt durch
10 den Druck das Gewicht einer sehr grofsen Last, sich von wenigen Händen (mit dem Hebel) ins Gleichgewicht setzen (= sich heben) zu lassen. Wenn ferner die Zunge des eisernen Hebels unter die Last gesteckt, aber der Kopf desselben nicht nach unten, sondern nach oben gedrückt
15 wird, so wird die Zunge sich gegen den Boden des Platzes stemmen und die Bodenfläche als Last haben, dagegen die Kante der Last selber als Druckpunkt. Auf diese Weise wird das Gewicht der Last zwar nicht so leicht als durch das Niederdrücken, aber nichtsdestoweniger emporgehoben.
20 Wenn also das untere Ende (der Lastarm) des Hebels so aufgelegt wird, dafs die Hebelunterlage sich weiter oberhalb befindet[1]), und so unter die Last gesteckt wird und das andere Ende näher dem Unterstützungspunkte niedergedrückt wird, so kann er die Last nicht heben, es sei
25 denn, wie oben bemerkt, dafs das Gleichgewichtsverhältnis hinsichtlich der Länge des Hebels durch ein (stärkeres) Niederdrücken des Kraftarmes hergestellt wird.

Das läfst sich an den Wagen erkennen, welche **Schnellwage.** Schnellwagen heifsen. Wenn nämlich die Schere sich
30 näher dem Ende befindet, an welchem die Wagschale hängt, sie da wie ein Drehpunkt funktioniert und das Laufgewicht (wörtlich „Gleichgewicht") auf den anderen Teil des Wagebalkens geschoben wird, indem es immer weiter oder auch bis ans Ende über die Marken läuft,
35 so wird durch ein kleines und ungleiches Gewicht ein sehr schwer wiegender Gegenstand mit Hilfe der wagerechten Lage des Wagebalkens ins Gleichgewicht gesetzt.

cula pendet, ibi ut centrum est conlocata et aequipondium in alteram partem scapi, per puncta vagando quo longius aut etiam ad extremum perducitur, paulo et inpari pondere amplissimam pensionem parem perficit per scapi librationem examinatio. ita longius ab centro 5 recedens inbecillior aequipondii brevitas maiorem vim ponderis momento deducens sine vehementia molliter
5 ab imo sursum versum egredi cogit, quemadmodum etiam navis onerariae maximae gubernator ansam gubernaculi tenens, qui *οἴαξ* a Graecis appellatur, una manu 10 momento per centrum pressionibus ratione artis agitans versat eam amplissimis et immanibus mercis et penus ponderibus oneratam.

VI, 6, 3.

146[4] Olearia autem ita est conlocanda, ut habeat a 15 meridie calidisque regionibus lumen. non enim debet oleum congelari, sed tepore caloris extenuari. magnitudines autem earum ad fructuum rationem et numerum doliorum sunt faciendae, quae, cum sint cullearia, per medium occupare debent pedes quaternos. ipsum 20 autem torcular, si non cocleis torquetur, sed vectibus et prelo premitur, ne minus longum pedes XL constituatur; ita enim erit vectiario spatium expeditum. latitudo eius ne minus pedum senum denum; nam sic erit ad plenum opus facientibus libera versatio et ex- 25 pedita. sin autem duobus prelis loco opus fuerit, quattuor et viginti pedes latitudini dentur.

Indem so ein ziemlich leichtes Gewicht sich immer weiter vom Drehpunkt entfernt, bringt es, den Ausschlag gebend, den Wagebalken (den längeren Kraftarm) langsam zum Sinken und nötigt eine ziemlich grofse Masse Last (mit
5 Hilfe des Lastarmes) sanft von unten nach oben zu steigen. Ebenso bewegt auch der Steuermann eines sehr grofsen Lastschiffes, welcher die Lünse (Handhabe) des Steuerruders hält, das von den Griechen Oíax (Steuerrudergriff, meist das ganze Steuerruder) genannt wird, das Steuer-
10 ruder mit einer Hand und bringt, nach Anweisung der Steuermannskunst durch den Druck im Drehpunkte (des Steuerruders) den Ausschlag gebend, das Schiff, auch wenn es mit sehr reichen, ja ungeheuren Ladungen an Ware und Lebensmitteln befrachtet ist, zur Drehung.

**Problem des Steuerruders.**

15

## VI, 6, 3.

**Ölkammer und Ölpressen.**

Die Ölkammer ist so anzulegen, dafs sie ihr Licht von Süden und den warmen Gegenden empfängt. Denn das Öl darf nicht gefrieren, sondern mufs sich in lauer Wärme flüssig erhalten (sich verdünnen). Die Kammern
20 sind so grofs anzulegen, dafs sie zur Menge der Früchte und Zahl der Fässer in richtigem Verhältnis stehen. Sind es Fässer im Umfange eines Culeus (= 525,27 l oder 20 Amphoren à 26,26 l), so müssen die Kammern im Mittel 4 Fufs fassen. Den Kelterraum[1]) mache man
25 nicht weniger als 40 Fufs lang, falls man nicht mit Schraubenpressen keltert, sondern mit Hebeln und Pressbalken prefst. Denn so wird der Arbeiter an dem Hebel freien Raum haben. Was die Breite des Kelterraums betrifft, so sei sie nicht unter 16 Fufs. Denn so werden
30 sich die Arbeiter bei voller Arbeit frei und ungehindert bewegen können. Mufs man aber Raum für zwei Pressen haben, so nehme man die Breite zu 24 Fufs.

1) Über das Prefshaus von Gragnano (bei Castellamare, dem antiken Stabiae) vgl. *Scriptor. rei rust.* ed. Schneider. Leipzig 1794, II, Taf. I—XI und Th. Beck *Historische Notizen:* IV Cato der Ältere im *Civilingenieur.* Leipzig 1887 S. 422 und Taf. XVIII.

# C. PLINII SECUNDI NATURALIS HISTORIAE.

## XVIII, 317.

231 Mayh. Premunt aliqui singulis, utilius binis, licet magna sit vastitas singulis. longitudo in his refert, non crassi- 5 tudo. spatiosa melius premunt. antiqui funibus vittisque loreis ea detrahebant et vectibus. intra C annos inventa Graecanica, mali rugis per cocleam ambulantibus, palis adfixa arbori stella, a palis arcas lapidum adtollente secum arbore, quod maxime probatur. intra 10 XXII hos annos inventum parvis prelis et minore torculario aedificio, breviore malo in media derecto tympana imposita vinaceis superne toto pondere urguere et super prela construere congeriem.

4 singulis *sc.* torculis 8 cocleas *codd., corr. Mayh.* 9 palis *vel* balis *codd.,* ab aliis *D*[2] *(Vatic. 3861) Mayh.* arbori *vel* arboris *(Mayh.) vel* arbores *codd.* a palis *Paris. 6795. 6797:* ab alis *Vatic. 3861. Leid. 7:* aliis *Mayh.* 12 decreto *codd., corr. Mayh.*

1) S. oben Heron S. 227 Fig. 56.

2) Diese Art Presse hat sich bis ins 17., ja bis ins 19. Jh. (Malans im Kanton Graubünden) erhalten. Vgl. V. Zonca *Novo teatro di machine et edificii* Padua 1621, S. 46—52 und Th. Beck *Historische Notizen:* IV Cato der Ältere im *Civilingenieur* Leipzig 1887 S. 417—420 und Taf. XVIII Fig. 2, 4. Sie stimmt mit Heron (oben Fig. 57) überein bis auf die Schraubenmutter und die Steinkisten.

# DES C. PLINIUS SECUNDUS NATURGESCHICHTE.

## XVIII, 317.

Einige pressen mit einer Presse, besser ist es mit Olivenpressen.
5 zweien, mag auch die eine noch so grofs sein. Es kommt hierbei auf die Länge, nicht auf die Dicke an. Die grofse npressen besser. Die Alten zogen sie mit Seilen[1]), riemenartigen Bändern (Lederriemen) und Hebeln nieder. Innerhalb 100 Jahre (von 77 n. Chr. zurückgerechnet)
10 wurden die griechischen Pressen erfunden, indem die Schraubengänge eines Mastes (Schraubenspindel) durch eine Schraubenmutter[2]) gingen, mit Hilfe von Speichen ein Armkreuz am Mastbaume befestigt wurde und der Mastbaum auf Seite der Speichen Steinkisten mit sich
15 emporhob, was sehr viel Beifall findet. Die innerhalb der letzten 22 Jahre erfundene Presse mit kleinen Prefsbalken, kleinerem Keltergehäuse und kürzerem Maste (Schraubenspindel), der mitten auf die Platten gerichtet ist, welche auf den Trebern[3]) ruhen, drückte von oben mit ganzem
20 Gewichte und schichtete die Steinmasse auf den Prefsbalken auf.[4])

---

3) Die Oliven wurden, ehe sie in die Presse kamen, erst in einer Quetsche (Trapetum) ausgedrückt.

4) Vorausgesetzt, dafs die letzten Worte echt sind, dürften bei der einschraubigen Olivenpresse die Prefsbalken bald verschwunden sein, da sie bei dem in der Mitte angebrachten Schraubenmaste überflüssig sind. Der centrale Druck des Schraubenmastes auf die Prefsplatten war jedenfalls das Wesentliche dieser Erfindung, die sich auch noch in der modernen Zeit bewährt und ein 'Saftergebnis bis 80% des aufgeschütteten Beerenquantums' liefern können soll. Vgl. auch S. 248 Fig. 60.

# M. PORCI CATONIS
# DE AGRI CULTURA.

## XII.

21 Keil In torcularium quae opus sunt. vasis quinis prela temperata V, supervacanea III, suculas V, supervacaneam I, funes loreos V, subductarios V, melipontos V, troclias X, capistra V, assercula ubi prela sita sient V, serias III, vectes XL, fibulas XL, constibilis ligneas, qui arbores conprimat, si dishiascent, et cuneos VI, trapetos V, cupas minusculas X, alveos X, palas ligneas X, rutra ferrea quinque.

## XVIII, 1—2. 8—9.

24 Keil Torcularium si aedificare voles quadrinis vasis, uti contra ora sient, ad hunc modum vasa conponito: arbores crassas P. II, altas P. VIIII cum cardinibus, 2 foramina longa P. III S exculpta digit. VI, ab solo foramen primum P. I S, inter arbores [et arbores] et parietes P. II, in II arbores P. I, arbores ad stipitem primum derectas P. XVI, stipites crassos P. II, altos cum cardinibus P. X, suculam praeter cardines P. VIIII, prelum longum P. XXV, inibi lingulam P. II S.

8 Arbores stipites robustas facito aut pineas. si trabes minores facere voles, canalis extra columnam

---

8—9 *f.* ligneas ... qui   18. in⟨ter⟩ II arbores   22 stipitesque *apud Schneiderum*

# M. PORCIUS CATO[1]
# ÜBER DEN LANDBAU.

## XII.

Inventar für eine Kelter mit 5 Pressen.

Was für einen Kelterraum notwendig ist: Für fünffaches Gerät fünf (mit Zubehör) ausgerüstete Prefsbäume, drei überzählige, fünf Haspel, ein überzähliger, fünf riemenartige Seile, fünf Zugseile (für die Flaschenzüge), fünf Handriemen, zehn Flaschenzüge, fünf Halfterriemen (durch welche Prefsbaum und Flaschenzug verbunden wurden), fünf Traghölzer (Querriegel), auf denen die Prefsbäume ruhen, drei Tonnen, vierzig Hebel (Handhebel), vierzig eiserne Bänder, hölzerne Bolzen (?), ...[2] welcher die Bäume zusammentreibt, wenn sie auseinandergehen wollen, sechs Keile (Durchsteckkeile?), fünf Olivenquetschen, zehn kleine Kufen (Büchsen?), zehn Wannen, zehn hölzerne Schaufeln, fünf eiserne Spaten.

## XVIII, 1—2. 8—9.

Catos Olivenpresse. Fig. 95a u. b.

Wenn du ein Kelterhaus für vierfaches Keltergerät bauen willst, so dafs es sich gegenüberliegt, so ordne es in folgender Weise: die Bäume 2′ (= 59 cm) dick, 9′ hoch (rechts aufrecht, Fig. 95a)[3]), einschliefslich der Zapfen, die Löcher (Schlitze) $3\frac{1}{2}'$ lang mit einem sechs Finger (= 11 cm) weiten Ausschnitte. Vom Boden ist

---

1) Cato lebte 234—149 v. Chr.

2) Hier ist anscheinend eine Lücke.

3) Die Figuren sind Becks *Historischen Notizen* IV Taf. XVIII Fig. 12. 13 entnommen.

expolito. si ita feceris, trabes P. XXII longae opus
9 erunt. orbem olearium latum P. IIII punicanis coag-

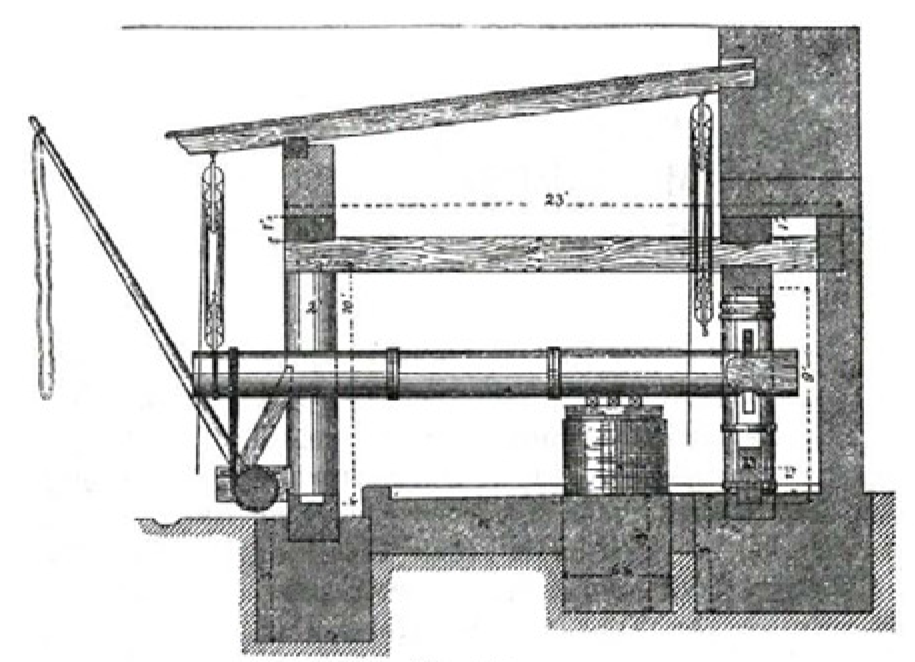


Fig. 95 a.

mentis facito, crassum digitos VI facito, subscudes iligneas adindito. eas ubi confixeris, clavis corneis occludito. in eum orbem tris catenas indito. eas 5 catenas cum orbi clavis ferreis corrigito. orbem ex ulmo aut ex corylo facito: si utrumque habebis, alternas indito.

1) Zu diesem „ersten“ Loche vgl. bei Beck *Historische Notizen:* IV Cato der Ältere im *Civilingenieur* 1887 S. 431 und Taf. XVIII Fig. 6 die 'steinernen' arbores von Henchir Choud-el-Battal in Tunis.

2) Der „erste“ Pfosten der einen Seite des Kelterhauses für 4 Pressen steht im Gegensatz zum „letzten“ Pfosten der gegenüberliegenden Seite. S. Beck a. a. O. Taf. XVIII Fig. 14.

das erste[1]) Loch $1\frac{1}{2}'$ weit. Zwischen den Bäumen und den Wänden 2′, zwischen den beiden Bäumen 1′, die Bäume (Prefsbalken?) bis zum ersten[2]) Pfosten (Fig. 95a links) in gerader Linie 16′ (Fig. 95b). Die Pfosten[3])
5 2′ dick, einschliefslich der Zapfen 10′ hoch, der Haspel[3]) ausschliefslich der Zapfen 9′, der Prefsbalken 25′ lang, darin

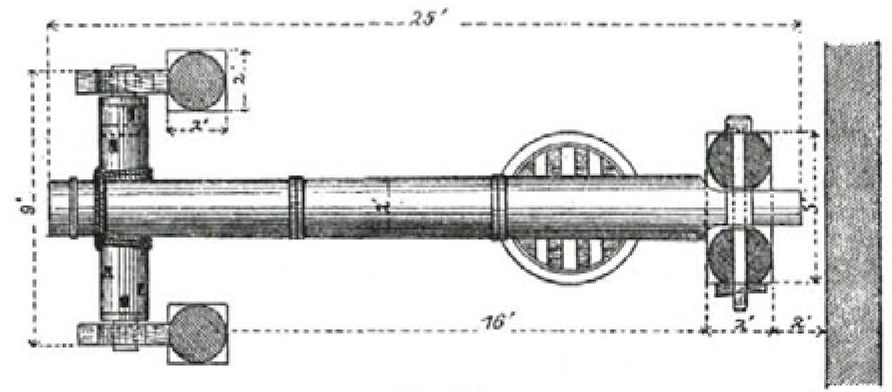



Fig 95b.

eingerechnet die Zunge (das hintere, überstehende Ende, Fig. 95b) 2′.

Die Bäume und Pfosten mache aus Eichen oder **8**
10 Tannen. Wenn du die Balken kleiner machen willst, so lege (glätte) die Kanäle aufserhalb der Säule. Wenn du es so machst, werden nur 22′ lange Balken nötig sein. Den runden Deckel auf den Oliven (Fig. 95b) mache 4′ **9** breit mit Fugen nach phönizischer Art, 6 Finger dick,
15 bringe auch eichene Klammern an. Sobald du sie befestigt hast, verschliefse den Deckel mit Nägeln aus Kornelkirschholz. Auf diesen Deckel setze drei Querhölzer. Diese verbinde mit dem Deckel mit Hilfe eiserner Nägel. Den Deckel mache entweder aus Ulmen- oder Haselholz.
20 Wenn du beides hast, so setze beides abwechselnd ein.

3) Pfosten, Haspel und Prefsbaum in Catonischer Weise sind auch auf einer bildlichen Darstellung in Pompeji erkennbar. Vgl. Angelo Pasqui *La villa Pompejana della Pisanella presso Boscoreale*. Monum. antichi della R. Accad. dei Lincei VII, 467. Milano 1897.

# [EUCLIDIS] CATOPTRICA.

δʹ.

292[11] Heib. *Αἱ ὄψεις ἐπὶ τῶν ἐπιπέδων ἐνόπτρων καὶ κυρτῶν ἀνακλώμεναι οὔτε συμπεσοῦνται ἀλλήλαις οὔτε παράλληλοι ἔσονται.* 5

Ἔστω ἐπίπεδον ἔνοπτρον τὸ *ΑΓ*, ὄμμα δὲ τὸ *Β*, ὄψεις δὲ ἀνακλώμεναι αἱ *ΒΓΔ*, *ΒΑΕ*. λέγω, ὅτι αἱ *ΓΔ*, *ΑΕ* οὔτε παράλληλοί εἰσιν οὔτε συμπεσοῦνται ἐπὶ τὰ *Δ*, *Ε*. ἐπεὶ γὰρ 10 ἴση ἐστὶν ἡ *Ζ* γωνία τῇ *Θ*, ἡ δὲ *Κ* τῇ *Μ*, μείζων δὲ ἡ *Ζ* τῆς *Κ* διὰ τὸ ἐκτὸς εἶναι ἐν τῷ *ΒΑΓ* τριγώνῳ, μείζων ἂν εἴη καὶ ἡ *Θ* τῆς *Μ*. οὐκ ἄρα παρ- 15 άλληλος ἡ *ΓΔ* τῇ *ΑΕ* ἐστιν, οὐδὲ συμπίπτουσιν ἐπὶ τὰ *Ε*, *Δ*.

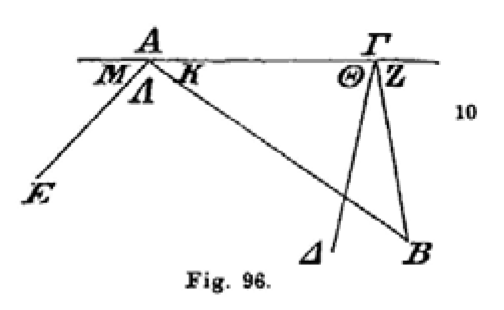


Fig. 96.

Ἔστω πάλιν κυρτὸν ἔνοπτρον τὸ *ΑΖΓ*, ὄμμα δὲ τὸ *Β*, ὄψεις δὲ ἀνακλώμεναι αἱ *ΒΖΔ*, *ΒΗΕ*. λέγω, 294 ὅτι αἱ *ΖΔ*, *ΕΗ* οὔτε παράλληλοί εἰσιν οὔτε συμ-| 20 πεσοῦνται ἐπὶ τὰ *Ε*, *Δ*. ἐπεζεύχθω γὰρ ἡ *ΗΖ* εὐθεῖα καὶ ἐκβεβλήσθω ἐφ' ἑκάτερα. ἐπεὶ ἴση ἐστὶν ἡ *Κ*, *Θ* τῇ *Λ* διὰ τὸ ἐν ἴσαις ἀνακλᾶσθαι γωνίαις, εἴη ἂν μείζων ἡ *Λ*, *Μ* τῆς *Κ*. ἡ δὲ *Κ* τῆς *Ν*, *Ξ* ἐστι μείζων, ἡ δὲ *Ν*, *Ξ* τῆς *Ο*, *Π* μείζων· αὐτὴ γὰρ ἡ *Ξ* ἴση ἐστὶ 25 τῇ *Ο*, *Π*· μείζων ἄρα ἡ *Λ*, *Μ* τῆς *Ο*, *Π*. πολλῷ

# PSEUDO-EUKLIDS KATOPTRIK.

4.

Die Strahlen, welche von den ebenen und konvexen Spiegeln reflektiert werden, konvergieren weder mit einander, noch sind sie parallel.[1])

Es sei $A\Gamma$ (Fig. 96) ein Planspiegel, $B$ ein Auge, reflektierte Strahlen $B\Gamma\Delta$, $BAE$. Ich behaupte, dafs $\Gamma\Delta$, $AE$ weder parallel sind, noch nach Seite von $\Delta$, $E$ konvergieren. Denn da $\angle Z = \Theta$, $\angle K = M$, $\angle Z$ aber als Aufsenwinkel des $\triangle BA\Gamma$ gröfser als $\angle K$ ist, so dürfte auch $\angle \Theta > M$ sein. Also ist $\Gamma\Delta$ weder $AE$ parallel, noch konvergieren sie auf Seite von $E$, $\Delta$.

Wiederum sei $AZ\Gamma$ (Fig. 97) ein konvexer Spiegel, $B$ ein Auge, $BZ\Delta$, $BHE$ reflektierte Strahlen. Ich behaupte, dafs $Z\Delta$, $EH$ weder parallel sind, noch sich auf Seite von $E$, $\Delta$ schneiden werden. Man ziehe die Verbindungslinie $HZ$ und verlängere sie nach beiden Seiten. Da $\angle K + \Theta = \Lambda$ ist wegen der Reflexion unter gleichen Winkeln, so dürfte

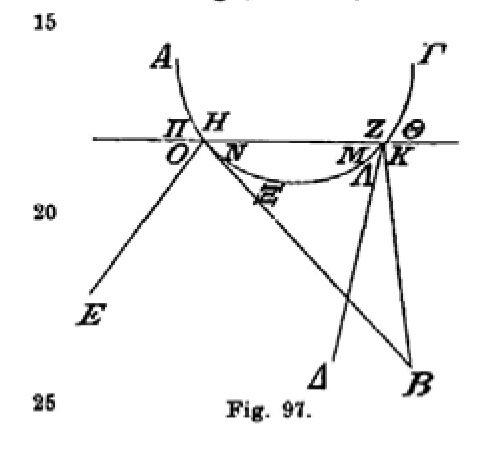



Fig. 97.

$$\angle \Lambda + M > K$$

sein. Es ist aber $\angle K > N + \Xi$, $\angle N + \Xi > O + \Pi$. Denn $\angle \Xi$ selber ist $= O + \Pi$. Es ist also $\angle \Lambda + M > O + \Pi$. Also $\Lambda + M$ viel gröfser als $O$. Also die Geraden $Z\Delta$, $HE$ konvergieren weder, noch sind sie parallel.

---

1) S. oben Heron S. 330, 23—334, 2.

ἄρα ἡ Λ, Μ τῆς Ο μείζων ἐστίν. οὐκ ἄρα συμπεσοῦνται αἱ ΖΔ, ΗΕ εὐθεῖαι οὐδὲ παράλληλοί εἰσιν.

ε΄.

294[10] Ἐν τοῖς κοίλοις ἐνόπτροις ἐὰν ἢ ἐπὶ τοῦ κέντρου ἢ ἐπὶ τῆς περιφερείας . . . θῇς τὸ ὄμμα, . . . αἱ ὄψεις 5 ἀνακλώμεναι συμπεσοῦνται.

Ἔστω κοῖλον ἔνοπτρον τὸ ΑΓΔ, κέντρον δὲ τῆς σφαίρας τὸ Β, καὶ κείσθω τὸ ὄμμα ἐπὶ τοῦ Β, καὶ προσπιπτέτωσαν ἀπὸ τοῦ Β ὄψεις πρὸς τὴν περιφέρειαν αἱ ΒΑ, ΒΓ, ΒΔ. ἴσαι ἄρα εἰσὶν αἱ πρὸς τοῖς 10 σημείοις τοῖς Α, Δ, Γ γωνίαι· ἡμικυκλίου γάρ εἰσιν. αἱ ἄρα ὄψεις ἀνακλώμεναι δι' ἑαυτῶν ἀνακλασθήσονται αἱ ΒΑ, ΒΓ, ΒΔ· τοῦτο γὰρ δέδεικται. ὥστε συμπεσοῦνται κατὰ τὸ Β.

Ἔστω πάλιν κοῖλον ἔνοπτρον τὸ ΑΓΒ, ὄμμα δὲ 15 296 τὸ Β, | κείσθω δὲ ἐπὶ τῆς περιφερείας αὐτοῦ, καὶ ἀπὸ τοῦ Β προσπιπτέτωσαν ὄψεις αἱ ΒΓ, ΒΑ ἀνακλώμεναι ἐπὶ τὰ Δ, Ε σημεῖα. ἐπεὶ μεῖζον τὸ ΑΓΒ τμῆμα τοῦ ΒΓ τμήματος, μείζων ἡ Ζ γωνία τῆς Θ γωνίας. καὶ ἡ Η ἄρα τῆς Κ μείζων. αἱ ἄρα Ζ, Η τῶν Θ, Κ 20 μείζους εἰσίν. λοιπὴ ἄρα ἡ Λ τῆς Μ ἐλάσσων· πολλῷ μᾶλλον ἄρα τῆς Ν. συμπεσοῦνται ἄρα αἱ ΓΔ, ΑΕ κατὰ τὸ Ξ.

κδ΄.

326[9] Ἐν τοῖς κοίλοις ἐνόπτροις ἐὰν ἐπὶ τοῦ κέντρου τὸ ὄμμα τεθῇ, αὐτὸ μόνον φαίνεται τὸ ὄμμα. 25

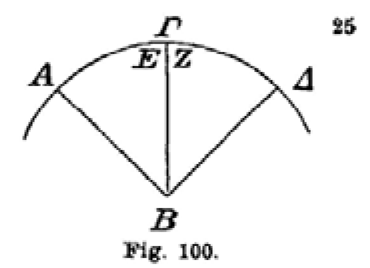


Fig. 100.

Ἔστω κοῖλον ἔνοπτρον τὸ ΑΓΔ, κέντρον δὲ αὐτοῦ τὸ Β, ὄψεις δὲ αἱ ΒΑ, ΒΓ, ΒΔ. οὐκ-

5.

Wenn man bei den Hohlspiegeln das Auge entweder in den Mittelpunkt[1]) oder auf die Peripherie setzt, so werden die reflektierten Strahlen zusammenfallen.

Es sei $A\Gamma\Delta$ (Fig. 98) ein Hohlspiegel, $B$ Kugelmittelpunkt. Das Auge ruhe auf $B$, und von $B$ sollen die Strahlen $BA$, $B\Gamma$, $B\Delta$ auf die Peripherie fallen. Also sind die Winkel an den Punkten $A$, $\Delta$, $\Gamma$ gleich. Denn sie gehören zu einem Halbkreise. Die Strahlen $BA$, $B\Gamma$, $B\Delta$ werden also reflektiert und auf sich selbst zurückgeworfen. Denn das ist (in Prop. 2) bewiesen. Also werden sie in $B$ zusammentreffen.

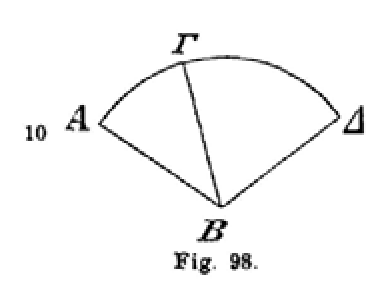


Fig. 98.

Es sei $A\Gamma B$ (Fig. 99) wiederum ein Hohlspiegel, $B$ aber ein Auge und ruhe auf der Peripherie[2]) desselben. Von $B$ sollen die Strahlen $B\Gamma$, $BA$ einfallen und nach den Punkten $\Delta$, $E$ reflektiert werden. Da der Kreisabschnitt $A\Gamma B$ größer ist als der Abschnitt $B\Gamma$, so ist $\angle Z > \Theta$. Also auch $\angle H > K$. Also $Z + H > \Theta + K$. Der übrigbleibende $\angle \Lambda$ also $< M$, also viel mehr $< N$. Also werden $\Gamma\Delta$, $AE$ in $\Xi$ zusammentreffen.

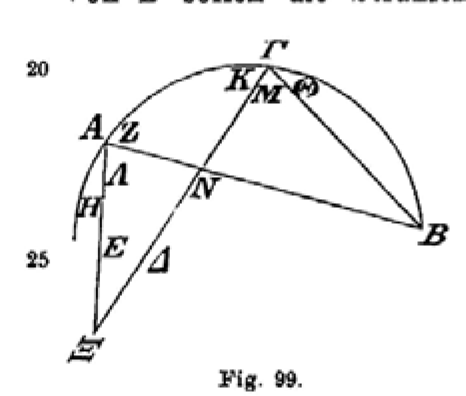


Fig. 99.

24.

Wenn bei Hohlspiegeln das Auge auf das Centrum gesetzt wird, so ist nur das Auge selbst sichtbar.[3])

Es sei $A\Gamma\Delta$ (Fig. 100) ein Hohlspiegel, $B$ sein Mittel-

1) S. oben Heron S. 334 f.
2) S. oben Heron S. 334, 16—336, 11.
3) S. oben Heron S. 334 ff. Vgl. noch Ptolem. Optik S. 97.

οὖν ἴση ἡ Ε γωνία τῇ Ζ. ἥξει ἄρα ἀνακλωμένη ἡ ΒΓ ὄψις ἐπὶ τὸ Β. ὁμοίως δὲ καὶ αἱ λοιπαί. αὐτὸ μόνον ἄρα ὁρᾶται τὸ Β.

κε΄.

326[17] Ἐν τοῖς κοίλοις ἐνόπτροις ἐὰν ἐπὶ τῆς περιφερείας θῇς τὸ ὄμμα . . ., οὐ φαίνεται τὸ ὄμμα.

Ἔστω κοῖλον ἔνοπτρον τὸ ΑΓΒ, καὶ τὸ ὄμμα κείσθω ἐπὶ τῆς περιφερείας αὐτοῦ τὸ Β, ὄψεις δὲ προσπιπτέτωσαν αἱ ΒΑ, ΒΓ καὶ ἀνακεκλάσθωσαν. οὐκοῦν μείζων ἐστὶν ἡ μὲν Μ, Θ γωνία τῆς Κ, ἡ δὲ 328 Ε, Λ τῆς Ζ, | ὥστε οὐκ ἀνακλασθήσονται αἱ ΒΑ, ΒΓ ὄψεις ἐπὶ τὸ Β ὄμμα. εἰς τὸ ὄμμα δὲ εἰ ἀνεκλῶντο, ἴσαι ἂν αἱ γωνίαι πρὸς τοῖς Α, Γ ἐγίγνοντο.

punkt, $BA$, $B\Gamma$, $B\Delta$ Sehstrahlen. Also $\angle E = Z$. Der reflektierte Strahl $B\Gamma$ wird also nach $B$ kommen. Ebenso auch die übrigen. Es wird also nur $B$ selber gesehen.

25.

5 Wenn man bei Hohlspiegeln das Auge auf die Peripherie setzt, so ist das Auge nicht sichtbar.

Es sei $A\Gamma B$ (Fig. 101) ein Hohlspiegel, und das Auge $B$ werde auf seine Peripherie gesetzt. 10 Es sollen aber die Sehstrahlen $BA$, $B\Gamma$ einfallen und reflektiert werden. Also ist $\angle M + \Theta > K$, $\angle E + \Lambda > Z$. Daher werden die Strahlen $BA$, $B\Gamma$ nicht nach dem 15 Auge $B$ reflektiert. Würden sie nach dem Auge reflektiert, so würden die Winkel bei $A$ und $\Gamma$ gleich werden.

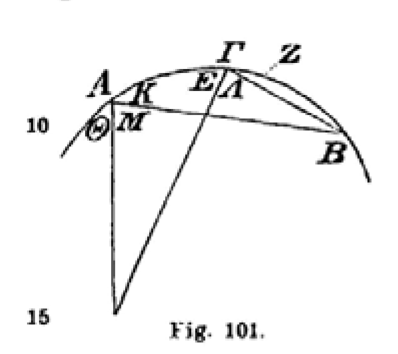


Fig. 101.

# NACHTRÄGE ZU BD. I.

Leider waren mir die wertvollen Bemerkungen von Henri Weil im *Journal des Savants*, Juillet 1882 (S. A. S. 1—8) entgangen. Sie enthalten folgende Verbesserungsvorschläge, die zum Teil auch von anderer Seite gemacht waren: 404, 8 *καινῶς*; vgl. aber dazu noch Apoll. Perg. Conic. I p. 4, 13 ed. Heib. *πολλὰ καὶ παράδοξα θεωρήματα, ... ὧν τὰ πλεῖστα καὶ κάλλιστα ξένα* (nova); 404, 8 *μετακεχειρίκαμεν*, 404, 11 *βουλόμενοι γράφειν* (vel *συγγράφειν*), 408, 9 *καθὼς*: *καθαρῶς*, 408, 13 *αὕτη*, 410, 17 *ταῦτα*, 410, 19 *ἢ* (pro *καὶ*) *περιαγομένας*, 410, 20 ⟨*κινουμένας*⟩ *κινήσεις*, 410, 24 *μετὰ* ⟨*ταῦτα*⟩, 414, 11 *κατὰ μικρόν*, 414, 22 ordinem contextus restituit iam H. Weil, 422, 1 ⟨*καὶ ταῦτα μὲν*⟩ *οὕτω*, 422, 1 *γενομένης* ⟨*δέ*⟩, 422, 3 *περιεμφανίσαι δὲ*: *περὶ* ⟨*ὧν*⟩ *ἐμφανίσαι δεῖ*. S. auch die Hinweise auf ein Fragment aus dem Teucer des Pacuvius, an welches die 3. Scene (Delphine) des stehenden Automaten erinnert (fragm. ex incert. fab. XLV Ribbeck), und Lykophrons Nauplios.

Ferner vgl. zu Posidonius (Einl. Bd. I, S. XIV) die verdienstvolle Abhandlung von Ch. Clermont-Ganneau *Héron d'Alexandrie et Poseidonios le Stoïcien* d'après un document arabe. Études d'archéologie orientale I § 10 S. 131—137. Paris 1895.

Auf den Bononienis 2048 IV (Suppl. S. 19) machte Joh. Caselius, wie mir dessen Biograph, Herr Schulrat Koldewey in Braunschweig, freundlichst mitteilt, in einem Briefe vom 13. Dezember 1561 den Andreas Mylius in Schwerin aufmerksam. Vgl. Io. Caselii Epist. accurante

Iusto à Dransfeld. Francof. 1687 S. 663: 'Est *εἴρονος* (so statt *Ἥρωνος*) *περὶ πνευματικῶν*, id est, de organis quae vi ventorum regantur'.

Unter den Büchern, 'quos G. Douza († 1598) secum Constantinopoli advexit' (Omont Rev. des Et. grecques X, 1897, 70) enthielt No. 14 'Heronis Alexandrini automatica' (omnia graece).

Dankenswerte ergänzende Mitteilungen über die Pariser Hss. der Pneum. und Autom. giebt P. Tannery Rev. crit. 34 (1900), 389—393. Zur Textkritik vgl. auch Rh. M. 55, 1900, 625—634.

Auch Giov. Car. Grimani (Suppl. S. 8) besaſs Herons *Πνευματικά* (Montfaucon *Diar. Ital.* S. 40, Heiberg DLZ. 1899, S. 1150).

Burneianus 108 (Su. S. 9) geht nach Nix 148, 2. 152, 19. 154, 2. 6. 174, 11. 228, 7. 232, 1—2. 234, 1. 238, 12. 240, 14. 252, 13. 294, 20. 296, 3 mit A, 178, 27 mit T wie G. Stammt Burn. 108 aus x? S. Rh. M. a. O.

Harleianus 5589 (Su. S. 10) stimmt nach Nix 148, 2. 152, 19. 154, 2. 174, 11. 228, 7. 232, 2. 234, 1. 238. 12. 240, 14. 296, 3 mit T, 294, 20 mit A.

Harleianus 5605 (Su. S. 10) ist nach R. Proctor um 1480 geschrieben. Wasserorgel wie in T. Geht nach Nix 152, 19. 154, 6. 228, 7. 232, 1—2. 234, 1. 294, 20 mit A, dagegen 148, 2. 154, 2. 174, 11. 179, 1. 238, 12. 16. 240, 14. 252, 13. 296, 3. 4 mit T. Vgl. Rhein. Mus. a. a. O.

Aus Angelicus S. 1. 17 (Su. S. 25) stammt M(agl.): 8, 12 beide *διάστημα* (τ om. M), 310, 1 *ἀναχύνεσθαι*; 240, 12—14 *ὕδωρ ... ἀγγεῖον* om. Ang.. Die verstümmelte Pneumatik in dieser Hs. steht Marcianus 263 nahe: 4, 11 *ὡς ἐν τοῖς* (Suppl. S. 97); 4, 12 *μικρῶν καὶ μικρῶν*; 8, 1 *ἀποκοινοῦσθαι*.

Burneianus 81 (Su. S. 33) enthält die vollständige Pneumatik und geht nach Nix 148, 2. 152, 19. 154, 2. 6. 174, 11. 178, 26. 228, 7. 232, 1—2. 234, 1. 238, 12. 252, 13 (*τόπους*). 296, 3. 4 mit T, 240, 14 (?). 294, 20 mit A.

Casanatensis 1386 (Su. S. 35) Fol. 106—109 s. XVI stammt aus der verstümmelten Pneumatik (I 43 = κδ') und gehört zur schlechteren Klasse (204, 8 *κανονενομένῳ* [sic], 208, 7 *ἐκρεῖται*, 218, 3 *βαρύδιον*). Ohne Figuren.

Mantuanus E. II. 12 (Bibl. ed archivio Gonzaga) s. XVI enthält nach E. Martini, *Cat. di mss. Greci*, Milano 1893, I, 371—372, Fol. 1—87 wohl die vollständige Pneumatik und Fol. 89—124 *Περὶ αὐτοματοποιητικῶν*.

Vallicellianus R 29 (Su. S. 38) enthält die verstümmelte Pneumatik und II, 34—35. *Περὶ αὐτοματοποιητικῶν* von anderer Hand. Die Figuren erinnern an Commandinos Figuren. Zur schlechteren Klasse gehörig: 8, 1 *ἀφομοιοῦσθαι*, 342, 17 *ὑποθήσαντες* von erster Hand (s. Su. S. 111).

Den verschollenen Patavinus (Su. S. 41) hält Heiberg a. a. O. für identisch mit Gudianus 13 + 19.

Corsinianus XI s. XVI, 52 Bl. (Su. S. 43) mit Figuren enthält Buranas Übersetzung in der bekannten Unordnung. Geht mit Taurin. H II, 27 (Su. S. 52).

Vallicellianus R 26 (ebd.) geht bis Pneum. 28, 11.

Vat.-Palatinus 60 Fol. 90—134v (Su. S. 48) ist aus B abgeschrieben: 102, 24 *διαπεφραγμαμένον*, 164, 3 *ἐπιπλόον*, 166, 7 *εἰς* ... *ἔγχεομ.* om.

10, 12 *καὶ ἀέρα* del. H. Grübler *Rev. des Et. gr.* 1899 S. 414; 19, 26 *Innenräume* statt *Zwischenräume* Grübler; 24, 3 *ὑγρὸν* del. Gr.; 24, 14 *οὐδ'* ... *ὑποκείμενα* post *κάτω* v. 17 tr. Gr.; 24, 19 ⟨*οὐ*⟩ *διαφέρει*; 101, 2 *le rhyton servait à transvaser le contenu d'une amphore ou d'une œnochoé dans une coupe* Grübler.

26, 11 *ὀλίγοις* ... *μορίοις* mihi suspecta.

Die italienische Übersetzung der Pneum. (Ambr. N 237 sup., Su. S. 133 aus dem 17. (nicht 16.) Jh. beginnt: *Essendo la pneumatica facolta stimata degna di consideratione* (Fol. 1r), die der Automaten *(delle cose che si muovono per se): Essendo stata dalli antichi giudicata degna di essere abbracciata l'arte* etc. (Fol. 56).

## NACHTRÄGE UND VERBESSERUNGEN ZUR MECHANIK.

S. 3 Z. 11 tilge عليه und lies Note 4: K add. عليه
S. 11 Z. 5 lies: فى
S. 19 Z. 7 lies: علامة
S. 21 Z. 10 lies: يتبين
S. 21 Z. 11 lies: جائزة
S. 23 Z. 8 lies: معلومة
S. 23 Z. 20 lies: المجسم
S. 27 Z. 3 lies: مضروب
S. 29 Z. 12 lies: الخارجة
S. 43 Z. 9 lies: العلامة
S. 47 Z. 7 lies: اليسرى
S. 55 Z. 5, 6, 3) ist die Lesart der Codd. herzustellen.
S. 56 Z. 26 tilge das Komma nach „sind“.
S. 57 Z. 14 lies: متّصلة
S. 61 Z. 9 lies: أنّا
S. 62 Z. 28 vgl. S. XXI, XXII und Clermont-Ganneau, Études d'archéologie orientale. T. I, 2 S. 131—7. Paris 1895.
S. 62 Z. 33 lies: „wird; deshalb“.
S. 63 Z. 5 lies: انّ
S. 65 Z. 8 vielleicht متعلقة z. l. statt مضطربة der Codd. und
S. 64 Z. 12 statt „schwanken“ „hängen“.
S. 71 Z. 8 vielleicht ندع zu lesen, wie übersetzt.
S. 75 Z. 18 lies: معتدلا

S. 86. In Fig. 19 ist der Punkt $\gamma$ auf $\vartheta\varkappa$ zu projizieren und in den Proportionen der Fuſspunkt dieses Lotes unter $\gamma$ zu verstehen. Vgl. Knauff, Die Physik des Heron von Alexandria. Programm des Sophiengymnasiums zu Berlin. 1900. S. 8 Anm.

S. 87 Z. 2 lies: الثقل

S. 90. In Fig. 21 ist der Faden des unbezeichneten Gewichtes um die Scheibe vom Aufhängepunkt nach $\nu$ hin aufgewickelt zu denken, so daſs das unbezeichnete Gewicht in der Richtung $\nu\varepsilon$ etwas höher als $\varepsilon$ zu hängen kommt. Fig. 21 ist genau die handschriftliche. Vgl. Knauff, l. c.

S. 94 Z. 23 „nach“ bis „und“ offenbar zu tilgen, ebenso

S. 95 Z. 15 بقدر وسط المحور

S. 96 Z. 1 statt „lockenartig“ lies: „ausgeschweift“.

S. 97. Note 2 und 3 sind umzustellen.

S. 102 Z. 22 vgl. S. XXVII unten.

S. 104 Z. 12, 13 lies: „eines Cylinders, die sich auf der Oberfläche des Cylinders bewegt, an“.

S. 115 Z. 4 lies: يكون statt des كان der Codd.

S. 132 Anm. 5) lies: تكون

S. 141 Z. 7 lies: اط und زج

S. 141 Z. 20 lies: الخشبة

S. 141 Z. 21 lies: استقامة

S. 157 Z. 13 lies: ثمانى (mit K; BCL ثمان)

S. 168 Z. 15 „nicht“, und

S. 169 Z. 14 ليس dürfte wohl mit de Vaux zu streichen sein.

S. 169 Z. 19 lies: ونرسم

S. 175 Z. 2 lies: الجماعة

S. 175 Z. 18 lies: الدواب تنفذ

S. 176 Anm. 1) lies: K كانتا

S. 177 Z. 21 lies: الهواء

S. 185 Z. 13 lies: أج statt جح

S. 186 Z. 10—12 muſs lauten: Weil der Teil derselben, der auf dem Wasser liegt, sehr gering ist, so daſs der Teil, den das Wasser stützt, ebenfalls gering ist, und etc.

S. 188 Z. 3 Kist ist das griechische ξέστης, sextarius, ein Hohlmaſs.

S. 189 Z. 8 statt منه wohl اليه zu lesen.

S. 202 Z. 4 nach „dünne“ erg. „runde“.

S. 205 Z. 3 zu مستوية. Die Codd. bieten متساوية

S. 207 Z. 8 lies: بعض

S. 213 Z. 12 lies: الموضع

S. 225 Z. 2 statt الاكفال vielleicht الاطراف zu lesen.

S. 226 Z. 7 „An dem Ende der senkrechten Balken“. Aus dem Folgenden ergiebt sich, daſs der eine Teil des Flaschenzugs an dem Querbalken angebracht ist, wie in der Figur. Vgl. Z. 10.

S. 232 Z. 35 statt „Vaterschraube“ lies „Schraubenspindel“.

S. 236 Z. 27 lies: Kerbe.

S. 238 Z. 33 statt „und von gleichmäſsiger Stärke“ lies „wenn auch kräftig“.

S. 295 Z. 18 lies „Schlitten“ statt „Kröten“.

# NACHTRÄGE UND BERICHTIGUNGEN ZUR KATOPTRIK.

S. 314 Z. 6 lies Kap. 12 statt 11 und statt des Satzes: „Ein cylindrisch u. s. w. bis erwähnt“ lies: „Wenigstens scheinen damit Planwinkelspiegel gemeint zu sein“.

S. 318, 1 f. *alteratum et transmutatum* ist wohl *ἀλλοιούμενον καὶ μεταβάλλοντα*. Letzteres wurde vom Übersetzer in seiner intransitiven Bedeutung verkannt und durch *mutantem* wiedergegeben, das A dann korrigierte. Ist *μεταβάλλοντα* dem Sinne nach gleich *μεταρρυθμιζόμενον*? (Plat. Tim. 46[a], oben S. 311.) *contemperantiam* = *σύγκρασιν*. Die Stelle sucht die sogen. Sphärenmusik auf natürlichere Weise zu erklären als Plato, der Polit. X p. 617[b] von acht Sirenen spricht, deren Gesang melodisch erklinge (*μίαν ἁρμονίαν ξυμφωνεῖν*).

S. 336 Z. 12 ff. Nach erneuter Prüfung dieses schwierigen Kapitels dachte ich die Frage zur Erwägung zu stellen, ob nicht 338, 11 (propius) bis 342, 6 ursprünglich die Fortsetzung von 346, 21 gebildet und, unter Verstümmelung der Anfangsworte, etwa durch Blattversetzung sich hinter Kap. 11 verschoben habe. Die Aufgabe von Kap. 11, das Rechte rechts zu zeigen, ist durch den cylindrischen Hohlspiegel gelöst, dagegen fehlen in Kap. 13 die speziellen Hinweise auf die Verzerrungen des cylindrisch-konvexen Spiegels. Doch wäre es nicht ausgeschlossen, dafs trotzdem das ganze Kapitel, wie es überliefert ist, zusammengehörte, wenn man mit Herrn Dr. Pfaff in Helmstedt 338, 12 *concavam* statt *convexam* (*κοίλην* statt *κυρτὴν*) und 340, 2 *adhuc accedente* (griechisch etwa *ἐπανιόντος* ‘recedente’, was in *ἔτ’ ἀνιόντος* verderbt

zu *adhuc accedente* [1]) wurde) als korrupt ansehen dürfte. Hierdurch käme auch die vermiſste Verschmälerung zu ihrem Rechte. Diese Auffassung verdient Beachtung. Dann hätte nämlich schon Heron alle wesentlichen Eigenschaften des cyliudrisch-konkaven Spiegels beobachtet. Die Entfernungen, in welchen bei cylindrischen Hohlspiegeln Verzerrung stattfindet, ergeben sich aus folgenden Formeln, die ich gleichfalls der Güte des Herrn Dr. Pfaff verdanke. Wenn die Achse des Cylinderspiegels vertikal steht, der Radius des Cylinders $r$, die Entfernung des Objekts vom Spiegel $e$ ist, so entstehen nicht verzerrte Bilder nur in zwei Fällen:

1) wenn $e = 0$ (das Objekt berührt die Spiegelfläche). Das Bild ist virtuell, dem Objekt symmetrisch ('Spiegelschrift') und an Gröſse gleich,
2) wenn $e = r$ (das Objekt steht in der Cylinderachse). Das Bild ist reell, dem Objekt kongruent, rechtsläufige Schrift). Diesen Fall haben wir bei Heron 341, 3 f. Der von Heron benutzte Hohlspiegel hatte einen Durchmesser von 4 Ellen, war also sehr flach gekrümmt.

Die in allen anderen Entfernungen auftretende Verzerrung hat ihren Grund in der durch die seitliche Cylinderkrümmung bedingten Verschmälerung oder Verbreiterung der Bilder (ohne Änderung der Höhe!); sie ist am stärksten in den Entfernungen $e = \frac{r}{2}$ (Objekt in der Brennlinie) und $e = \infty$.

1) Ist $e < \frac{r}{2}$, so ist das Bild virtuell (Spiegelschrift) und verbreitert;
2) ist $e > \frac{r}{2}$, so ist das Bild reell (rechtsläufige Schrift), und zwar
   a) wenn $e < r$, verbreitert,
   b) wenn $e > r$, verschmälert.

Wenn $e > \frac{r}{2}$, so ist charakteristisch, daſs die Bilder nie-

---

1) Das echte *accedente* ist προσιόντος. Vgl. Autom. 340, 22. *distante* wäre ἀποστάντος wie Autom. 352, 6. 402, 12.

mals wie beim sphärischen Hohlspiegel eine vertikale, sondern nur eine seitliche Umkehrung zeigen.

336, 17 ff. könnte griechisch (s. unten S. 411) etwa so gelautet haben: ... *ἐμβολεῖς· τούτων ὁ μὲν τοῦ ὕψους πρὸς τὴν* $\overline{\alpha\varepsilon\beta}$ *ἀψῖδα ἐξηρτυμένος* (was in *ἐξηρτημένος* verderbt durch *suspensus* wiedergegeben wurde) *ἔστω κοῖλος, οἷος ὁ* $\overline{\zeta\eta\vartheta\kappa\lambda\mu}$, *ὁ δὲ τοῦ πλάτους ἐμβολεὺς ὁ πρὸς τὴν* $\overline{\beta\xi\gamma}$ *ἀψῖδα ἔστω κυρτός, οἷος ὁ* $\overline{\xi o\pi}$. *καὶ κατεσκευάσθω κάτοπτρον ἐπὶ* (?) *ἐσχαρίου* (?) *ὀρθογώνιον τὸ μὲν ὕψος ἔχον ἴσον τῇ* $\overline{\alpha\beta}$ *εὐθείᾳ, τὸ δὲ πλάτος ἴσον τῇ* $\overline{\beta\gamma}$, *τῶν δὲ ἐπιφανειῶν τὴν μὲν τοῦ μήκους κυρτὴν ἀπειργασμένην πρὸς τὴν κοίλην ἐπιφάνειαν τὴν τοῦ* $\overline{\alpha\varepsilon\beta}$ *ἐμβολέως, τὴν δὲ τοῦ πλάτους κοίλην ἀπειργασμένην πρὸς τὴν κυρτὴν περιφέρειαν τὴν τοῦ* $\overline{\beta\xi\gamma}$ *ἐμβολέως.* Vgl. Pneum. 192, 11 *τὴν ἐντὸς* (= *κοίλην*) *ἐπιφάνειαν πρὸς ἐμβολέα ἀπειργασμένην*, was 193, 13 'nach einer Form (Krümmungsfläche) gebildet' zu übersetzen ist. Ähnlich Pneum. 130, 13 *πυξίδες κατατετορνευμέναι τὴν ἐντὸς* (= *κοίλην*) *ἐπιφάνειαν πρὸς ἐμβολέα*; übersetze Pneum. 131, 18 'nach einer (cylindrisch-konvexen) Form gerundet', und Pneum. 204, 4 *τὴν ἐντὸς* (= *κοίλην*) *ἐπιφάνειαν πρὸς ἐμβολέα ἀπωρθωμένην*, übers. 203, 19 (ein Stiefel,) 'dessen innere (konkave) Oberfläche nach einer (konvexen) Form hergerichtet ist'. 130, 13 sind die Stiefel aus Bronze; wahrscheinlich (vgl. Pneum. 192, 3) gilt dies auch für die Büchsen 192, 11 und 204, 4. Das dürfte jeden Zweifel über die Bedeutung von *ἐμβολεὺς* als technischer Form in der formelhaften Wendung *πρὸς ἐμβολέα* verscheuchen.

336, 18 wird *zhtklm* zu lesen sein, da sonst das *ι* einem *f* entsprechen müfste, überhaupt aber *ι* bei den Bezeichnungen selten gebraucht wird. 336, 19 wird man mit O das erste *sit* auslassen müssen. S. jetzt unten S. 410.

346, 19 Anm. lies: *πρὸς ἐμβολέα ... εἰργασμένην.*

S. 347 Fig. 86b hätte die äufsere Form von Fig. 84d bekommen sollen.

Erst im Oktober 1900 nach Drucklegung des Textes der Katoptrik war mir eine Nachprüfung der von Herrn Arsenio besorgten Kollation möglich. Sie hat folgende Berichtigungen und Ergänzungen ergeben. Ich gebe auch die minder wichtigen Abweichungen, da der Vaticano-Ottob. 1850 (=O) unsere einzige selbständige Quelle ist.[1])

316, 1 Anm. (Überschr.) *ptolemei*, erstes *e* von $O_2$, $O_1$ hatte wohl *o*. 316, 4 *symfoniarum*, ebenda *armoniarum* $O_1$: *h* supra scr. $O_2$. 316, 5 *melodiosae**, ebenda *armonizate* $O_1$: *harm.* $O_2$. 316, 7 *armoniam* $O_1$: *harm.* $O_2$. 316, 8 *prodiit** O ('hat sich eine umfangreiche, mannigfaltige Theorie herausgebildet'), nicht *prodit*, ebd. *speras* $O_1$: *spheras* $O_2$. 316, 9 *in* vor *septem* supra scr. $O_2$. 316, 11 *armonizatum* $O_1$: *harmon.* $O_2$. 316, 14 *corde.* 316, 18 *modo aiunt**, aber *aiunt* von $O_2$ getilgt, ebd. *corda.* 318, 4 *opticam*, ebd. *visivam*, ebd. *dioptricam*, ebd. *perspectivam.* 318, 6 *oportune**. 318, 11 *construuntur**, wie vermutet war. 318, 13 *ti* (Anf.?) und *b* in *patientibus* von $O_2$ nachgezogen (griech. wohl ἀντιπεπονθότων). 318, 18 *tantum* supra scr. $O_2$, ebd. *oportunitates.* 318, 20 *aversa** $O_1$: *adversa* $O_2$. 318, 21 nur *rynis.* 318, 22 *quomodo*: *quo* $O_1$, ebd. *utique* = ἂν. Daher 319, 24 'unter allen Umständen' tilgen. 318, 24 *ydola* $O_1$: *idola* $O_2$ (*i* supra scr.), ebenso 320, 1. 2. 330, 5. 21. 356, 12. (338, 9. 11. 340, 2. 4. 6. 344, 21 steht *i* von $O_2$ in Rasur). 320, 2 *et etiam*; ebd. *ydolo* $O_1$: *idolum* $O_2$. 320, 15 nach *feruntur* ist *sic consideretur* ausradiert. 320, 20 (nicht 19) *in* $O_1$: *et* supra scr. $O_2$. 320, 21 *ransmittente*, das zweite *t* von $O_1$, das *i* von $O_2$ übergeschrieben, ebd. *propter** $O_1$ (so auch A): *patet* $O_2$. 320, 22 *conatur** $O_1$ (auch A): *conari* $O_2$ (*ri* ss.). Man beachte, daſs nunmehr 320, 22 die Lesart *ferri** zur Geltung kommt: *propter quod utique, propter velocitatem, conatur brevissima ferri.* Doch wiederholt der Satz nur bereits Gesagtes und macht den Eindruck eines Glossems. 322, 5 *emtuntur* $O_1$; $O_1$ selber fügt noch ein *t* zu und meinte wohl *emittuntur* (ich glaubte erst *ni* statt *m* lesen zu sollen). 322, 6 *e* in *emissi* in Rasur. 322, 16 *a tritione.* 322, 21 in *quiescit*

---

1) Die mit * bezeichneten Lesarten würde ich in den Text setzen.

ist *cit* von $O_2$, ebd. *emittens** (*t* von $O_1$ übergeschr.), nicht *emittentes*. 324, 4 *in* vor *vitris* om.* O. 324, 5 griech. wohl διὰ τὸ ἔχειν ἑκατέραν ὕλην ἀραιώματα. 324, 21 nach *rursum* ist *ē* (= *est*) ausradiert. 326, 4 *radius* add. $O_2$ auf dem inneren Rande. 326, 10 *et* (vor *da*) om.* O. 328, 24 nach dem ersten *gb* ist ein Buchstabe ausradiert. 330, 1 nach *videtur* ist durch Ausradieren eine Lücke von 6—7 Buchstaben entstanden.

330, 2 ist *sil'* wohl mit *simul** (gr. ὁμοῦ, nicht ὁμῶς) aufzulösen, ähnlich wie *sil'* 322, 2 sicher *simul* heifst; *similiter* dagegen wird gleich darauf (330, 3) *sil'r* abgekürzt. 330, 4 ff. sind in O die Leitsätze der einzelnen Kapitel nie unterstrichen*. 330, 5. 13. 19 hat $O_1$ *adhuc**, aber $O_2$ *amplius*. Das ergiebt indessen beide Male fürs Griechische οὐκέτι. 330, 10 (vor *ad*) *qui* O, nicht *que*. 330, 11 sind vor *ad* die Buchstaben *ag* gestrichen. 330, 24; 332, 5. 12 *equedistantes**. 332, 2 *que* $O_1$: *qui* $O_2$. 332, 4 *q'* O, ι von $O_2$ übergeschr. ($O_1$ auch *qui*). 332, 6 *ea*: *ex** O. 332, 10 *concidunt** O, nicht *coincidunt*. 332, 20 *q̄* $O_1$: *qui* $O_2$ (*i* übergeschr.). 334, 1 *quam* ^*sit*^ *sx*, *sit* von $O^2$ übergeschr. 334, 2 *concidunt**. 334, 10 *in* in Rasur. 334, 13 *spericum* $O_1$: *sphericum* $O_2$. 334, 14 *hil* in *nihil* auf Rasur, von $O_2$ wie unten 344, 18. Hatte $O_1$ *nil* geschrieben? 336, 5 *ba* ohne den Strich. 336, 8 *reliquus** O. 336, 15 *exagoni* $O_1$: *hexagoni* $O_2$. 336, 16 *apsides* $O_1$: *abscides* $O_2$. 336, 16 *aeb, bzg* $O_1$ mg.

336, 17 stand in der Lücke nach *circulo* das Wort ἐμβολεῖς. Oben am Rande heifst es nämlich:

*id est limae immissoriae*
ἐμβολεῖσ ·*q*· (= *quod est*) *iniectae*

336, 17 *eorum** $O_1$: *horum* $O_2$. 336, 18. 19 *apsidem* $O_1$: *abscidem* $O_2$; ebd. *zhtklm** $O_1$, *f* inseruit $O_2$. 336, 19 stand in der Lücke nach *autem* das Wort ἐμβολεύσ*, welches $O_1$ an den Rand geschrieben hat. 336, 19 *sit* (vor *ad*) in O vorhanden, aber von $O_1$ durch Punkte getilgt.

338, 2 *achario* O, nicht *achaio*. Welches griechische Wort dem zu Grunde liegt, hat der Herausgeber noch nicht ermitteln können. Könnte nicht *achario* aus (ἐξ) ἀσσαρίου verderbt und damit eine (biegsame) Bronzeplatte gemeint sein? Vgl. Heron. Pneum. 74, 5. 76, 17, wo das ἀσσάριον Bronzeplatten bezeichnet

(πλινθία χάλκεα). Ebenso Pneum. 132, 2. Oder hatte der Übersetzer ἀπὸ ἀχαρίου in seiner Vorlage und war dies aus ἐπὶ ἐσχαρίου (auf einer Unterlage, einem Fuſse) verderbt? ἐσχαρίου wird häufig zu σχαρίου in griechischen Hss. verderbt. Vgl. Athen. Π. μηχ. 21, 3 We. Daraus konnte leicht ἀχαρίου werden.

338, 5 ist *adoperatam* richtig ἀπειργασμένην, wie ich es oben S. 408 übersetzt hatte; ebd. stand nach *superficiem* in der Lücke (s. Rückübersetzung) ⟨τοῦ⟩ ἐμβολέως, wie aus der Randbemerkung hervorgeht. 338, 7 stehen die Buchstaben *m peri* in den Worten *convexam periferiam* auf einer Rasur und sind von $O_2$. Ebd. stand in der Lücke nach *periferiam*, wie man aus der Randnotiz erkennt, ⟨τοῦ⟩ ἐμβολέως. Damit ist jetzt wohl unzweifelhaft festgestellt, daſs unsere Auffassung des 11. Kapitels (vgl. besonders 339, Anm. 2) zutreffend ist. Zur Bedeutung des Emboleus vgl. noch Heron Belop. 96, 5—10 We.

338, 8 möchte ich jetzt unter Vergleichung von 318, 12 lesen: *et sinistra similiter ⟨sinistra⟩. et distante** etc. 340, 1 hatte Heron τοῦ ἐνοπτριζομένου, nicht κατοπτριζομένου, wie wir 340, Anm. 1 annahmen. 340, 5 *oportunum**.

Ebd. war die Übersetzung *sedem volubilem* nur ein Notbehelf, und in ihr liegt der Fehler, nicht in dem weiteren Zusatze (340, 5—6 Anm.). Der griechische Ausdruck am Rande στυλον χήσιον, den der Übersetzer durch *columpnam fusilem* wiedergiebt, ist fehlerhaft. Denn χήσιον, das der Übersetzer von χέω ableiten und dem Sinne nach für χυτὸν nehmen möchte, ist offenbar aus χαλκήσιον verderbt. Wenn dem so ist, so hätte man hier dasselbe Drehgestell, wie Belop. 88, 5ff. (vgl. die Figuren ebd. S. 90, Köchly u. Rüstow *Griech. Kriegsschriftst.* Leipz. 1853. I, Tafel II, 2, Deimling *Die Geschütze der alten Griechen*. Verhdl. der 24. Philologenvers. in Heidelberg 1865. Leipz. 1866 S. 226 und Tafel I). χαλκήσιον ist aber eine Tragvorrichtung (Tragkissen), dessen Form hier etwa wie in Fig. 102 gewesen sein mag:

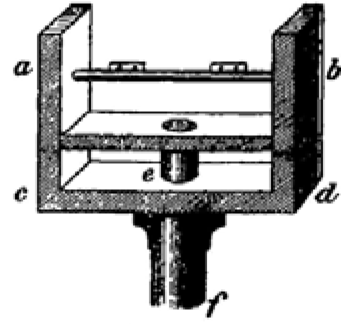


Fig. 102.

Das χαλκήσιον *abcd*, bei dem *ab* zugleich das horizontale Scharnier für den in vertikaler Richtung drehbaren Spiegel bildete, konnte sich seitlich um den Zapfen *e* des στῦλος (Säule) *f* drehen.

342, 1 *capud*. 342, 8 *multividum* $O_1$, wie es scheint, *vi* durch ein paar kurze Striche in *tu* von $O_2$ geändert. 342, 9 glaube ich aus den am Rande stehenden Worten:

*nescio*<br>
δια αν δια<br>
τρικαρον<br>
*tricapitum* (so)

für die Lücke nach *autem et* die Worte Δία τρικάρανον* entnehmen zu sollen. Ebenso stand vermutlich 342, 9 in der Lücke hinter *apparere:* χορευούσας Νίκας ἀποτελεῖ*; denn es heifst am Rande:

*torias*<br>
*cedentes vic*<br>
χόρευουσας νεικας (so)<br>
ἀποτελεῖ

342, 10 *a* in *multas* auf Rasur, *cies* in *facies* von $O_2$ nur nachgezogen, nicht etwa geschrieben, dagegen stammt *manifestat* von $O_2$. 344, 1 ist nach *deinde* eine Lücke von 22—24 Buchstaben. 344, 1—2 werden die Texteswort *distracta** (so liest auch O) *boum capita manifestat* am Rande in folgendem griechischen Wortlaute gegeben: δία σπώμενα βουκέφαλα φαίνει. Wenigstens setzt *distracta* διασπώμενα voraus, sonst ist aber das σπ nicht ganz deutlich und könnte fast mit βο verwechselt werden. Von διφυῆ (344, 1 Anm.) kann jetzt natürlich keine Rede mehr sein. 344, 5 *basem*. 344, 16 *emioliam* $O_1$: *hemioliam* $O_2$.

344, 21 stand in der Lücke nach *idolis* vermutlich das aus ἀπαραποδίστων verderbte ἀσταραποδίστων, wozu $O_1$ auf dem Rande vermerkt: *nescio cre(do) tamen ·q· (= quod est) non impeditis.* Die Bilder sollen einander nicht im Wege stehen wie Autom. 436, 19 (ἀνεμποδίστως κινεῖσθαι) die maschinellen Vorrichtungen. 344, 21 ist vielleicht doch *secundum nihil* das Richtige. 346, 1 ist das seltsame Wort offenbar *mokeion** (μωκεῖον) zu lesen, und dies, da solche Form sonst nicht nachweisbar ist, vielleicht aus μωκίον verderbt. Es verschlägt wohl nichts, dafs dies Wort sonst nicht gerade in der Bedeutung Vexierspiegel vorkommt. Das Faksimile (s. Tafel, linke Spalte,

v. u. Z. 8) beweist, dafs O in dem Worte die griechische Ligatur für *ει* verwandte, die ihm bekannt war (vgl. ebd. *νείκας* auf dem linken Rande).

346, 4 *voluerit**, nicht *voluerint*. 346, 10 *em* in *autem* auf Rasur; ebd. *utracunque**. 346, 11 *et* om.* O. 346, 14 (*recta*) *beg* O, *e* exp. $O_2$. 346, 14 ist nach *concavus* eine Lücke, in welcher nach der Randnotiz *ἐμβολεύσ** stand (vgl. oben 346, 14 Anm.). Dieses Wort erklärt $O_1$ (?) oben am Rande: *immissor⟨i⟩um pro lima* (Feile) *dicitur*. 346, 17 *bạg*, *a* exp. $O_2$; ebd. *bẹg*, *e* exp. $O_2$. 346, 20 *cylindri**. 348, 2 *ez* von $O_2$ übergeschrieben. 348, 7 *hg* add. $O_2$. 348, 9 *etz* add. $O_2$. Neben 348, 9. 10 steht auf dem Innenrande *firmantur* von $O_2$ und soll *vadunt* 348, 9 erklären. 348, 12. 20* *equedistantia*. 348, 13 *tangentia invicem* von $O_1$ selber übergeschrieben. 348, 17 *plana* $O_1$: *plano* $O_2$. 348, 18 *in* von $O_2$ auf einer Rasur; nach und unter *in* ist *sup*(?) ausradiert. 350, 3 *aliter* in Rasur. 350, 4. 352, 3 *oportunum**. 350, 9 hatte $O_1$ nach *speculum* noch *autem*, das aber ausradiert ist. 350, 17 *quod* bei AE ist wohl aus *ad* in *adnuente* entstanden. Griechisch trotzdem *λέγω δὲ* (*δὴ*?) *τὸ τοῦ ἐνοπτριζομένου κτέ.* 352, 5 *averso**.

352, 6 steht wirklich *rymis** da (vgl. ebd. Anm.). 352, 9 ist ein Buchstabe vor *volumus* ausradiert. 352, 10 fügt $O_1$ zu *planiciei* (so O) auf dem Rande '*τῇ ὀρόφῃ* técto'. Der Spiegel soll also an der Decke (*ὀροφῇ*) sein, wie wir schon S. 310 vermuteten. 352, 12 ist nach *ad* ein Buchstabe (*g*) ausradiert. 352, 18 (Anm.) hatte O *bge*, aber *e* ist ausradiert. 352, 20 *secundum zh: sed et ·a·** O. Ist 352, 19 (vor *autem*). 354, 1. 8. 14 *p̄one* = *positione** (*θέσει*)? Ist 352, 20 *muro* (*τείχει*) verderbt aus *τοίχῳ*? 354, 1 adn. del.

354, 20 stand nach $O_1$ (Rand) das Wort *διόπτρα* im griechischen Texte. Der Übersetzer liefs freien Raum für das Wort, $O_2$ setzte *diopstra* hinein. Am Rande erklärt $O_1$ das Wort *διοπτρα* als *instrumentum, quo per visus iudiciatur* (so) *distantia vel quantitas*. 354, 23 (Anm.) *d* $O_1$ : *g* $O_2$. 354, 24 *videantur*. 354, 26 nach *b* ·Rasur eines Buchstabens (eines *g*?). 356, 1 möchte ich jetzt mit O das *si* auslassen*. Griechisch *καὶ νενοήσθω τὸ δ̄*. 356, 5 *utraque* O: *uterque* E. 356, 8 sieht in *habens* das *b* fast

wie *l* aus. 356, 9 *qualicunque* $O_1$: *qualiacunque* $O_2$. 356, 13 *et* in Rasur von $O_2$ (?). 356, 14 verweist $O_2$ durch ein Zeichen hinter *spec.* auf die von ihm auf den Innenrand geschriebenen Worte *tot laterum figura.* Ebd. hat $O_2$ über das *m* von *multiangula* ein *a* und über *vel* das Wort *et* geschrieben, desgleichen 356, 15 *cuius* über *quorum.* 356, 22 *in** O, nicht *ad*, doch so geschrieben, daſs man es mit *et* (so A) verwechseln könnte.

358, 7 ist *ac* vielleicht zu halten. Es könnte griechisch dagestanden haben: *συμμέτρως δὲ ἂν ἔχοι ἡ γωνία γενομένη ὡς* (etwa) *τρίτου μέρους* und durch Verschreibung die Umstellung *ὡς γενομένη ἡ γωνία* verschuldet sein. Vgl. Pneum. 76, 19 *πλευρὰν ὡς δακτύλου ἑνός* und zur Verschiebung des *ὡς* Autom. 338, 6. 358, 8 *tertiae**. 360, 1 hatte O ein *r* nach *speculi*, hat es aber wieder getilgt; ebd. *ip$\overline{m}$* (= *ipsum*) O, nicht *ipsam*. 360, 2 (Anm.) *r* $O_1$: *e* corr. $O_1$ (?). Ebd. *edg*, nicht *egd*, welch letzteres ich vermutet hatte. 360, 3 *hgd*, nicht *bgd*. 360, 8 *igitur** (nach *consistat*) O, nicht *ergo.* 360, 9 *que tk ipsam* inserit $O_2$; ebd. *etiam*: *et* O. 360, 10 nach *secant* Lücke von 2 Buchstaben. Hier steht am Rande *δια*, als hätte im Griechischen gestanden *τέμνουσι διὰ τῆς* $\overline{ην}$. 360, 10 *ipsam* ins. $O_2$. 360, 11. 362, 12 *equedistans**. 360, 12 *est* om.* O. 360, 17. 19. 362, 17. 23. 25 scheint $O_2$ in *imago i* aus *y* verbessert zu haben. 360, 18 *intra positum*; ebd. *ipsam* O, nicht *ipsum*. Neben 360, 19 steht am Rande *φράγμα*. Das darüber befindliche Zeichen *!* weist auf *intrapositum* hin; ebd. *equedistante**. 362, 5 Der Übersetzer hatte offenbar, wie das Ausrufungszeichen beweist, *ἐκτὸς τοῦ* $\overline{\mu}$ in seiner Vorlage. Kann das aus *ἐ. τοῦ μὲν* ⟨*κατόπτρου*⟩ hervorgegangen sein, nachdem $\overline{\mu}$ statt $\overset{\text{'}}{\mu}$ (= *μὲν*) verschrieben und *κατ.* ausgelassen war? 362, 7 *edg* O, nicht *egd*, wie ich geschrieben hatte. 362, 8 (Anm.) *hg* (in *hgd*) auf Rasur von $O_2$. 362, 11 *archam.* 362, 12 *intraponere*, nicht *interponere.* 362, 13 *ymago* $O_1$: *imago* $O_2$. 362, 16 giebt der Rand zu *intersticium* (so O) das griechische *φράγμα*. 362, 21 *congruit* $O_1$: *congrue* $O_2$ (so E).

364, 3 hat O folgende Wortfolge: *eorum* [a] *et* [e] *que* [b] *sine* [f] *speculo* [g] *iacens* [c] *in* [d] *tenebris videtur* [h]. Die Änderung der Reihenfolge durch

die übergeschriebenen Buchstaben rührt von $O_2$ her. Beachte das Mifsverständnis von E (*fine*)! Es ist 364, 3—4 natürlich die Wortfolge von $O_1$ wiederherzustellen. 364, 3 *iacens* $O_1$: *iacent* $O_2$. 364, 4 Anm. *ptolomei*.

Die Figuren sind von $O_2$ gezeichnet, die den Figuren 79, 85a und 87 entsprechenden wohl nur teilweise. Aber die Umrisse der ursprünglichen Figuren sind meist noch zu erkennen, auch in unserer Nachbildung. Mit den ursprünglichen Figuren stimmt auch A z. B. in den hsl. Fig. 84i und 84h, 86d und 86e, nur dafs in O der Halbkreis *thz* offen war. Für Fig. 87 ist in A und E die Buchstabenbezeichnung ungenau. In Fig. 88a waren die senkrechten Linien bei *b* und *g* in O vorhanden. Innerhalb der ursprünglichen Figur von Fig. 90 war (ist) in O ($O_2$) ein inneres Fünfeck wie bei A. In Fig. 91 stimmt A mit der älteren, ausradierten Figur von O. Nach der entgegengesetzten Seite als unsere Figuren sind, soweit es sich um $O_2$ handelt, aufser Fig. 79. 89 (s. oben S. 310) auch 77. 78. 80—83 (82 auch A, s. oben S. 310; 80 in O *ag* horizontal, *d* unten). 86d. 91a gekehrt. Bei Fig. 86d und e läfst sich auch noch die Umkehrung der ursprünglichen Figur erkennen.

Ich möchte übrigens jetzt glauben, dafs A und E direkt aus O geflossen sind und dafs die fehlerhaften Übereinstimmungen (s. oben S. 309 und *cimis* 352, 6) auf Zufall beruhen.

In der Übersetzung ist 337, 20ff. jetzt zu lesen: 'Und man schneide nach den Bogen *aeb* und *bzg*, welche durch die Geraden *ab*, *bg* vom Kreise abgeschnitten sind, Krümmungsflächen (Cylinderformen). Von diesen u. s. w.'; 339, 8 'nach der konkaven Fläche der Form *aeb*; 339, 9—10 'nach der konvexen Peripherie der Form *bzg*'. Dazu noch einige kleinere Änderungen, die sich nach dem Vorstehenden von selbst ergeben.

Dafs solch langer Nachtrag nötig geworden ist, bedauert niemand mehr als der Herausgeber. Da er sich aber hierbei wirklich keiner Schuld bewufst ist, so rechnet er auf die gütige Nachsicht des Lesers.

# Berichtigungen.

318, 21 *rym‸s* (so) hat O, *i* von $O_1$ übergeschr., nicht *rynis*.

336, 17 *altudinis* (so) O.

338, 8 *sini²stra* (so) O.

340, 3 *sp* (= *semper*) ohne Strich.

In Fig. 102 liegt *ab* besser so hoch, daſs der Spiegel in der Mitte daran befestigt wird, falls nicht etwa der untere Teil schwerer gemacht wird.

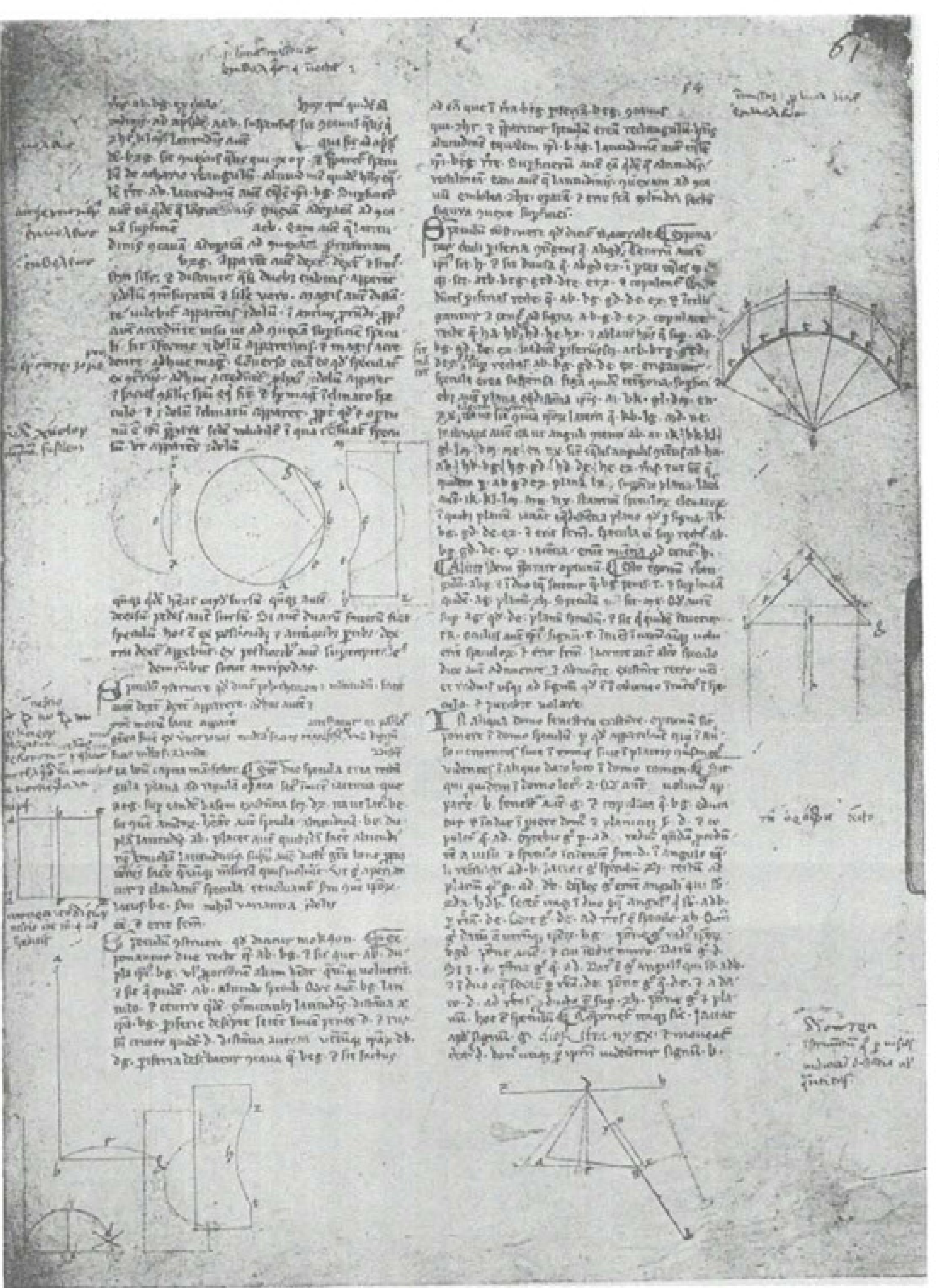
342, 5 Rasur von 3 Buchstaben vor *demonstrabit*.

352, 19 f. (= 355, 8 f.) griechisch wohl: *θέσει δὲ καὶ ᾧ προσπίπτει τοίχῳ· δοθὲν ἄρα τὸ δ̄· ἀλλὰ καὶ τὸ ᾱ* 'der Lage nach (ist gegeben) aber auch die Wand, auf die er fällt, also ist *d* gegeben, aber auch *a*'.

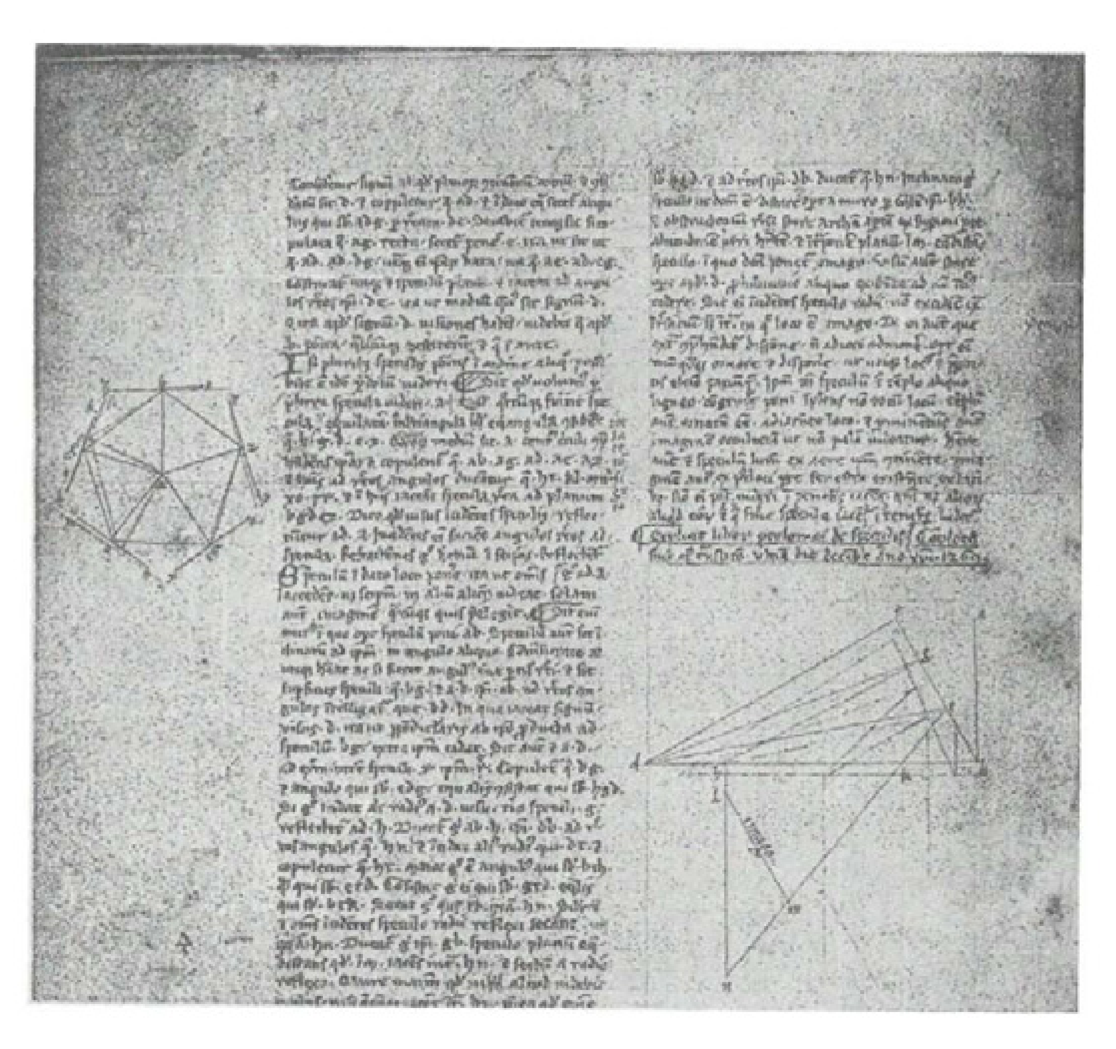
352, 20 Anm. zu *cui* fällt weg.

Zur Auflösung *pōne* = *positione* vgl. *dispōne* = *dispositione* 362, 18.

356, 22 Anm. u. S. 414 ist das erste *ad* gemeint.



*Heronis op. vol. II. ed. Schmidt.*



*Vat.-Ottobon. lat. 1850 s. XIII Fol. $61^{r}$ (= Katoptr. 336,16—354,26) und (abgebrochen) Fol. $61^{v}$ (= Katoptr. 354,26—360,14. 362,8—364,4).*